



**VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ**

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

**FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ**

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

**ENERGETICKÝ ÚSTAV**

ENERGY INSTITUTE

**NÁVRH VĚTRÁNÍ A CHLAZENÍ V MULTIFUNKČNÍ  
BUDOVĚ SE ZUBNÍMI ORDINACEMI**

VENTILATION AND AIR-CONDITIONING IN A MIXED-USE BUILDING WITH DENTAL OFFICES

**DIPLOMOVÁ PRÁCE**

MASTER'S THESIS

**AUTOR PRÁCE**

AUTHOR

**Bc. Ondřej Truksa**

**VEDOUCÍ PRÁCE**

SUPERVISOR

**doc. Ing. Pavel Charvát, Ph.D.**

**BRNO 2018**



## Zadání diplomové práce

Ústav:	Energetický ústav
Student:	<b>Bc. Ondřej Truksa</b>
Studijní program:	Strojní inženýrství
Studijní obor:	Technika prostředí
Vedoucí práce:	<b>doc. Ing. Pavel Charvát, Ph.D.</b>
Akademický rok:	2017/18

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č. 111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma diplomové práce:

### Návrh větrání a chlazení v multifunkční budově se zubními ordinacemi

#### Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Polyfunkční objekty sdružující bytové a nebytové prostory lze velmi často nalézt v místech s hustou zástavbou, kde umožňují přirozeným způsobem spojit prostor pro bydlení s prostorem pro poskytování služeb. S polyfunkčními objekty se lze také setkat v případech, kdy majitel využívá jednu část objektu pro bydlení a jinou část pro své podnikání. Vzhledem k tomu, že je každá část polyfunkčního objektu využívána k jinému účelu, řídí se zpravidla návrh jednotlivých částí objektu samostatnými předpisy z hlediska TZB, hygienických požadavků, případně požadavků na požární bezpečnost.

#### Cíle diplomové práce:

Cílem diplomové práce je navrhnout větrání a chlazení v třípodlažní polyfunkční budově, ve kterém se kromě tří bytových jednotek nacházejí také dvě zubní ordinace s příslušným zázemím. V budově bude navrženo nucené větrání, které bude respektovat různé účely vnitřních prostor. Pro zajištění tepelné pohody v letním období bude v některých prostorech navrženo mechanické chlazení. Součástí diplomové práce bude stanovení potřebné výměny vzduchu, výpočet tepelné zátěže a dimenzování systémů větrání a chlazení. Práce bude zahrnovat nezbytné technické výpočty a vypracování potřebné výkresové dokumentace.

#### Seznam doporučené literatury:

SZÉKYOVÁ, Marta. Větrání a klimatizace. Bratislava: Jaga, 2006. ISBN 80-8076-037-3.

CHYSKÝ, Jaroslav a Karel HEMZAL. Větrání a klimatizace. 3., zcela přeprac. vyd. Brno: BOLIT-B Press, 1993. ISBN 80-901574-0-8.

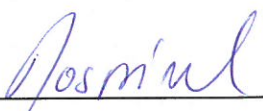
2013 ASHRAE handbook: Fundamentals. S.I. Editions: ASHRAE, 2013. ISBN 978-1-936504-47-3.

ZMRHAL, Vladimír. Větrání rodinných a bytových domů. Praha: Grada, 2014. Profi & hobby. ISBN 978-80-247-4573-2.

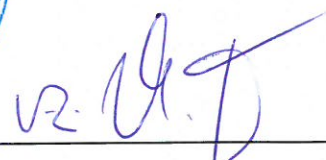
GEBAUER, Günter. Vzduchotechnika. Brno: Era, 2005. ISBN 9788073660277.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2017/18.

V Brně, dne 27. 10. 2017

  
\_\_\_\_\_  
doc. Ing. Jiří Pospíšil, Ph.D.  
ředitel ústavu



  
\_\_\_\_\_  
doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.  
děkan fakulty



## ABSTRAKT

Cílem diplomové práce bylo navrhnout systémy větrání a chlazení v třípodlažní multifunkční budově, ve které se kromě tří bytových jednotek nacházejí také dvě zubní ordinace s příslušným zázemím. V budově byly navrženy dva nezávislé systémy nuceného větrání, které respektují různé účely vnitřních prostor. Pro zajištění tepelné pohody v letním období byly v některých prostorech navrženy systémy mechanického chlazení. Součástí práce je výpočet tepelných zisků, tepelných ztrát, stanovení potřebné výměny vzduchu a dimenzování systémů větrání a chlazení. Práce rovněž zahrnuje výpočty návrhu systému větrání a chlazení a potřebnou výkresovou dokumentaci.

## Klíčová slova

Stropní chlazení, tepelné čerpadlo, vzduchotechnika, větrání, rekuperace

## ABSTRACT

The aim of the master's thesis was to design ventilation and cooling systems in a three-storey mixed-use building, which contained three apartments and two dentists' surgeries. Two independent ventilation systems were designed in the building, with respect to different purposes of the indoor spaces. The mechanical cooling system was proposed in some of the rooms to improve thermal comfort in summer. The thesis includes calculations of building heat gains, heat losses, air exchange rates and the dimensioning of the ventilation and cooling systems. The thesis also comprises design calculations and technical drawing.

## Key words

Ceiling cooling system, heat pump, air handling system, ventilation, recuperation

## BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

TRUKSA, O. *Návrh větrání a chlazení v multifunkční budově se zubními ordinacemi*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2018. 140 s. Vedoucí diplomové práce doc. Ing. Pavel Charvát, Ph.D..

## PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma „Návrh větrání a chlazení v multifunkční budově se zubními ordinacemi“ vypracoval samostatně pod odborným vedením vedoucího práce a s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených v seznamu, který tvoří přílohu této práce.

V Brně dne 10. 5. 2018

.....

podpis

## **PODĚKOVÁNÍ**

Na tomto místě bych chtěl poděkovat doc. Ing. Pavlu Charvátovi, Ph.D., Ing. Jiřímu Hejčíkovi, Ph.D. a Ing. Ondřeji Navrátilovi za cenné rady a připomínky při vypracování diplomové práce. Dále bych chtěl poděkovat své rodině za pomoc a podporu během celého studia.



# OBSAH

<b>OBSAH .....</b>	<b>9</b>
<b>ÚVOD .....</b>	<b>11</b>
<b>1 CHARAKTERISTIKA BUDOVY .....</b>	<b>13</b>
1.1 KLIMATICKÉ ÚDAJE .....	13
1.2 DISPOZIČNÍ ŘEŠENÍ OBJEKTU .....	13
1.3 SLOŽENÍ STAVEBNÍCH KONSTRUKCÍ .....	17
1.4 TEPELNĚ TECHNICKÉ VLASTNOSTI STAVEBNÍCH KONSTRUKCÍ .....	18
<b>2 TEPELNÉ ZISKY A ZTRÁTY .....</b>	<b>20</b>
2.1 UKÁZKOVÝ VÝPOČET TEPLENÝCH ZISKŮ .....	20
2.1.1 Tepelné zisky od lidí .....	20
2.1.2 Tepelné zisky od svítidel .....	21
2.1.3 Tepelné zisky od elektrických zařízení .....	21
2.1.4 Tepelné zisky okny radiací .....	22
2.1.5 Tepelné zisky okny prostupem tepla .....	27
2.1.6 Tepelné zisky vnějšími stěnami .....	28
2.1.7 Tepelné zisky z neklimatizovaných prostor .....	29
2.1.8 Tepelné zisky přívodem větracího vzduchu .....	30
2.1.9 Výsledný tepelný zisk .....	30
2.2 VÝPOČET TEPELNÝCH ZTRÁT .....	31
2.2.1 Ukázkový výpočet tepelné ztráty prostupem .....	31
2.2.2 Ukázkový výpočet tepelné ztráty větráním .....	32
<b>3 CHLADICÍ SYSTÉMY .....</b>	<b>34</b>
3.1 SYSTÉM STROPNÍHO CHLAZENÍ .....	34
3.1.1 Typy chladicích stropů .....	35
3.1.2 Chladicí panely Variotherm .....	36
3.2 VÝPOČET CHLADICÍHO STROPU .....	39
3.2.1 Informace o ukázkovém výpočtu .....	40
3.2.2 Ukázkový výpočet výkonu chladicího stropu .....	40
3.2.3 Ukázkový výpočet hydrauliky chladicího stropu .....	44
3.2.4 Kontrola vzniku kondenzace .....	47
3.3 SYSTÉM VODOU CHLAZENÝCH FAN COIL JEDNOTEK .....	50
3.4 ZDROJ A AKUMULACE CHLADU .....	51
3.4.1 Zdroj chladu .....	51
3.4.2 Akumulace chladu .....	53
3.5 HYDRAULIKA CHLADICÍ SOUSTAVY .....	54
3.5.1 Potrubí .....	54
3.5.2 Hydraulický výpočet potrubní sítě .....	55
3.5.3 Hydraulické zaregulování soustavy .....	55
3.6 EXPAZNÍ A POJISTNÁ ZAŘÍZENÍ .....	58
3.6.1 Expanzní nádoba .....	58
3.6.2 Pojistné potrubí a pojistný ventil .....	61
3.7 OBĚHOVÁ ČERPADLA .....	62
3.7.1 Oběhové čerpadlo okruhu chladicích zařízení .....	62
3.7.2 Oběhové čerpadlo v okruhu tepelného čerpadla .....	64

3.8	REGULACE .....	65
3.8.1	<i>Regulace stropního chlazení</i> .....	66
3.8.2	<i>Regulace fan coil jednotek</i> .....	68
<b>4</b>	<b>VĚTRÁNÍ</b> .....	<b>69</b>
4.1	MNOŽSTVÍ VĚTRACÍHO VZDUCHU .....	69
4.2	DISTRIBUCE VZDUCHU .....	71
4.2.1	<i>Potrubí</i> .....	71
4.2.2	<i>Distribuční elementy</i> .....	72
4.2.3	<i>Nasávací a výfukové prvky</i> .....	74
4.3	HYDRAULIKA POTRUBNÍ SÍTĚ .....	75
4.3.1	<i>Ukázkový hydraulický výpočet</i> .....	75
4.3.2	<i>Hydraulická regulace</i> .....	78
4.4	VZDUCHOTECHNICKÉ JEDNOTKY .....	82
4.4.1	<i>Rekuperace tepla</i> .....	82
4.4.2	<i>Jednotka větracího okruhu 1. NP</i> .....	83
4.4.3	<i>Jednotka větracího okruhu 2. NP a 3. NP</i> .....	84
4.5	REGULACE .....	85
4.5.1	<i>Regulace jednotky Duplex</i> .....	85
4.5.2	<i>Regulace jednotky Domekt</i> .....	86
4.6	TLUMENÍ HLUKU .....	87
4.6.1	<i>Použité tlumicí prvky</i> .....	88
4.7	PROBLEMATIKA VLHKOSTI VZDUCHU .....	90
4.7.1	<i>Možnosti řešení suchého vzduchu</i> .....	91
<b>5</b>	<b>ZÁVĚR</b> .....	<b>93</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ</b> .....	<b>95</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK</b> .....	<b>99</b>
	<b>SEZNAM PŘÍLOH</b> .....	<b>105</b>
	<b>SEZNAM VÝKRESOVÉ DOKUMENTACE</b> .....	<b>105</b>
	<b>SEZNAM PŘÍLOH NA CD</b> .....	<b>105</b>

## ÚVOD

V současné dynamicky se rozvíjející společnosti neustále vzrůstají požadavky na zajištění tepelného komfortu ve vnitřních prostorech budov. Zároveň s tím dochází k ustavičné snaze o snížení energetické náročnosti staveb na možné minimum při zachování požadovaného mikroklimatu v místnostech.

Pro redukci spotřeby energií spolu s vytvořením tepelné pohody uživatelů jsou vedle zlepšení tepelně technických vlastností budovy klíčové vhodně navržené systémy nuceného větrání s rekuperací tepla, otopné a chladicí soustavy.

Multifunkční budovy jsou stavby, které v sobě zahrnují bytové jednotky spolu s prostory pro poskytování rozmanitých služeb. Při návrhu systémů zajišťujících pohodu prostředí v tomto typu objektů musí být brány v potaz odlišné předpisy z hlediska technického zabezpečení budov a hygienických požadavků, ale také individuální přání investorů.

Cílem této práce je návrh systémů větrání a chlazení vnitřních prostor domu, ve kterém se nacházejí zubařské ordinace a bytové jednotky. Jelikož se jedná o rekonstrukci, je nutné přizpůsobit systémy stávajícím dispozicím stavby.

Lékařské zařízení v prvním podlaží bude větráno okruhem nezávislým na větrací soustavě obytných podlaží. Pro zajištění tepelné pohody v letním období budou ordinace vybaveny vodou chlazenými fancoilovými jednotkami. Bytové jednotky budou chlazeny pomocí velkoplošných sálavých stropních chladicích systémů, které zajišťují rovnoměrné chlazení pomocí sálání chladného povrchu do místnosti, takže lidé v obytných místnostech nebudou obtěžováni prouděním studeného vzduchu z vyústek nebo fancoilových jednotek, a díky integraci systému do sádkartonového podhledu nebude narušen architektonický ráz vnitřních prostor.





# 1 CHARAKTERISTIKA BUDOVY

Budova se nachází v obci Vyškov v místní části Nosálovice. Jedná se o třípatrový podsklepený dům z třicátých let dvacátého století, který prochází rekonstrukcí. Objekt stojí samostatně uprostřed zahrady.



Obrázek 1.1 - objekt před rekonstrukcí

## 1.1 Klimatické údaje

Obec Vyškov leží v nadmořské výšce 245 m. Zimní venkovní výpočtová teplota je  $-12^{\circ}\text{C}$ . Letní venkovní výpočtová teplota je  $30^{\circ}\text{C}$ . Klimatická data jsou uvedena v následující tabulce (tabulka 1.1) [1].

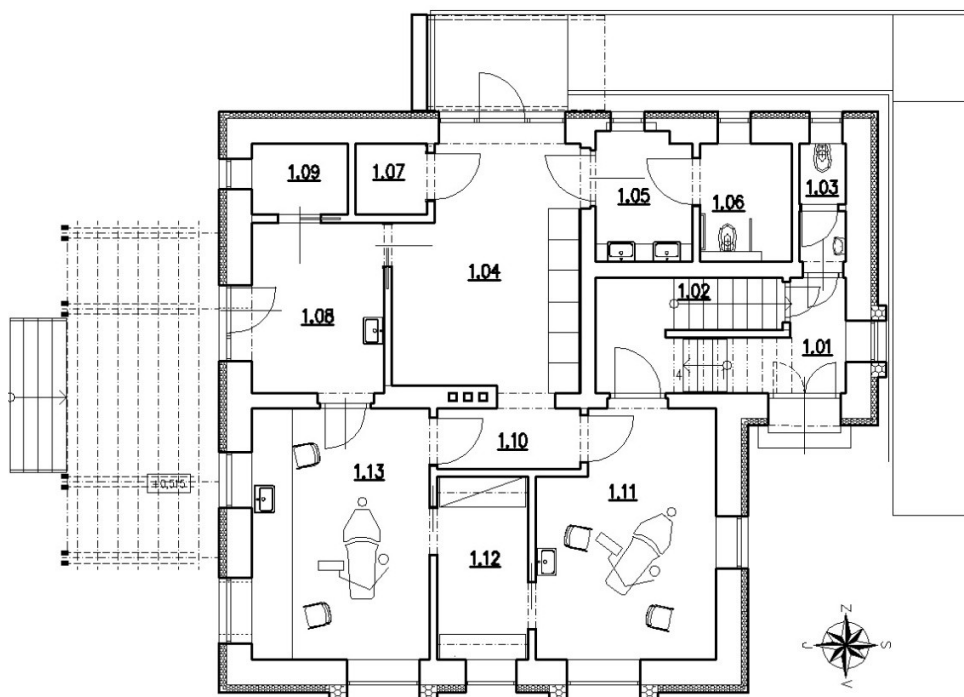
Tabulka 1.1- klimatická data

Lokalita (místo měření)	Nadmořská výška	Venkovní výpočtová teplota	Otopné období pro					
			$t_{em}=12^{\circ}\text{C}$		$t_{em}=13^{\circ}\text{C}$		$t_{em}=15^{\circ}\text{C}$	
			$t_{es}$	d	$t_{es}$	d	$t_{es}$	d
			[ $^{\circ}\text{C}$ ]	[dny]	[ $^{\circ}\text{C}$ ]	[dny]	[ $^{\circ}\text{C}$ ]	[dny]
Vyškov	245	-12	3,3	219	3,7	229	4,9	260

## 1.2 Dispoziční řešení objektu

Budova má tři nadzemní patra a jedno patro podzemní.

V přízemí se budou nacházet dvě zubařské ordinace a k nim náležející místnosti, jako například čekárna, denní místnost pro personál, toalety atd.

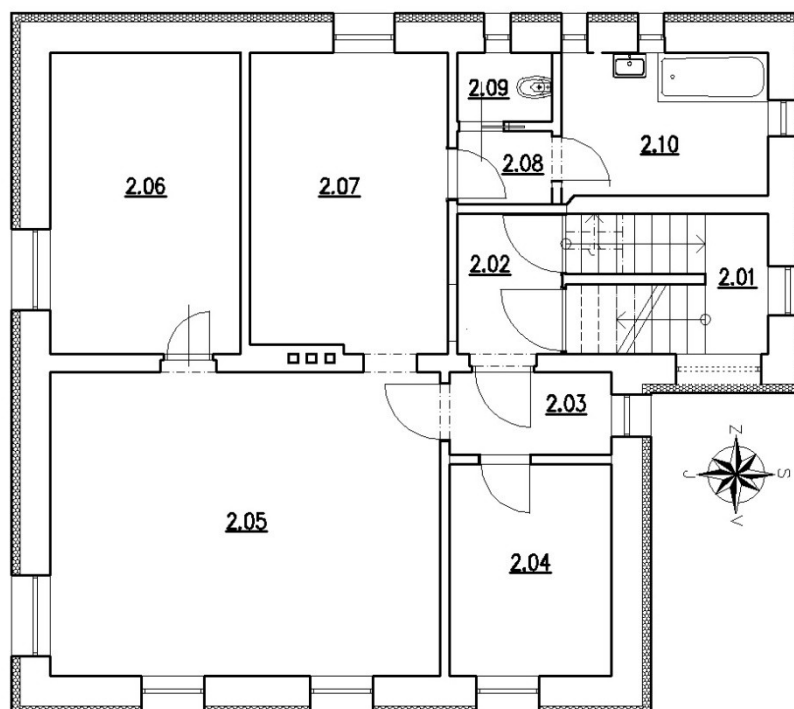


Obrázek 1.2 - 1. NP

Tabulka 1.2 - charakteristika místností 1. NP

číslo místnosti	účel místnosti	plocha místnosti
		[m <sup>2</sup> ]
1.01	hala	8,74
1.02	schodiště	2,20
1.03	WC	2,12
1.04	čekárna	17,82
1.05	předsíň	4,82
1.06	WC	4,19
1.07	RTG	1,96
1.08	denní místnost	8,06
1.09	šatna	2,66
1.10	chodba	3,40
1.11	ordinace 1	16,21
1.12	sterilizační místnost	6,48
1.13	ordinace 2	17,32

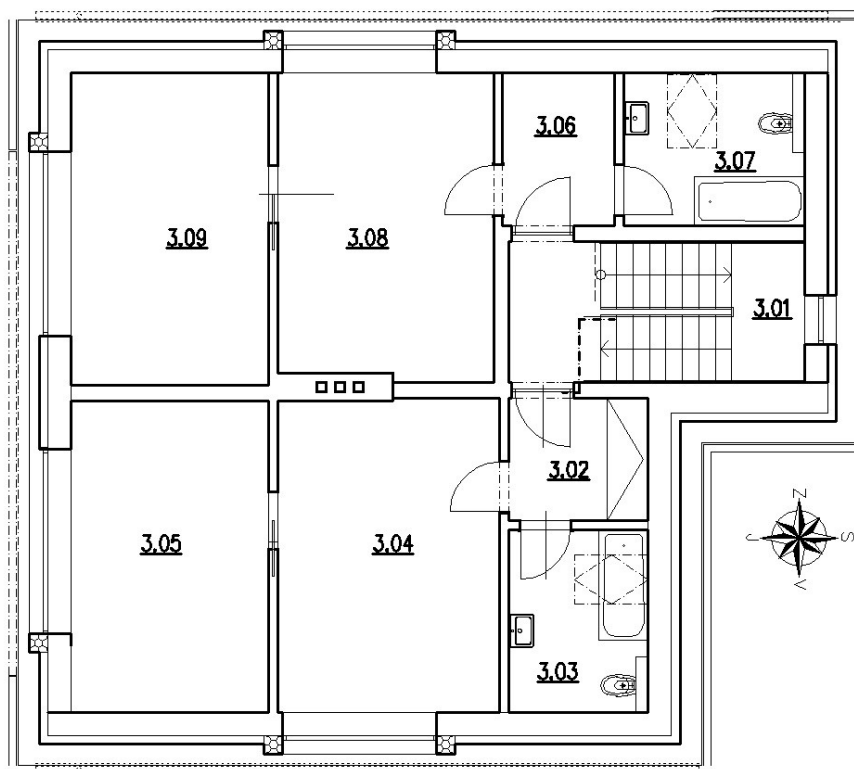
Druhé a třetí nadzemní patro je obytné. Druhé patro je tvořené jedním velkým třípokojovým bytem. Třetí patro sestává ze dvou dvoupokojových bytových jednotek s kuchyňským koutem. Půdorysy obou obytných pater jsou zobrazeny na následujících obrázcích (obrázky 1.3 a 1.4).



Obrázek 1.3 - 2. NP

Tabulka 1.3 - charakteristika místností 2. NP

číslo místnosti	účel místnosti	plocha místnosti
		[m <sup>2</sup> ]
2.01	schodiště	7,52
2.02	chodba	3,91
2.03	předsíň bytu	3,56
2.04	pokoj	9,11
2.05	obývací pokoj	31,48
2.06	ložnice	15,20
2.07	kuchyně	15,63
2.08	chodba	1,68
2.09	WC	1,57
2.10	koupelna	8,19

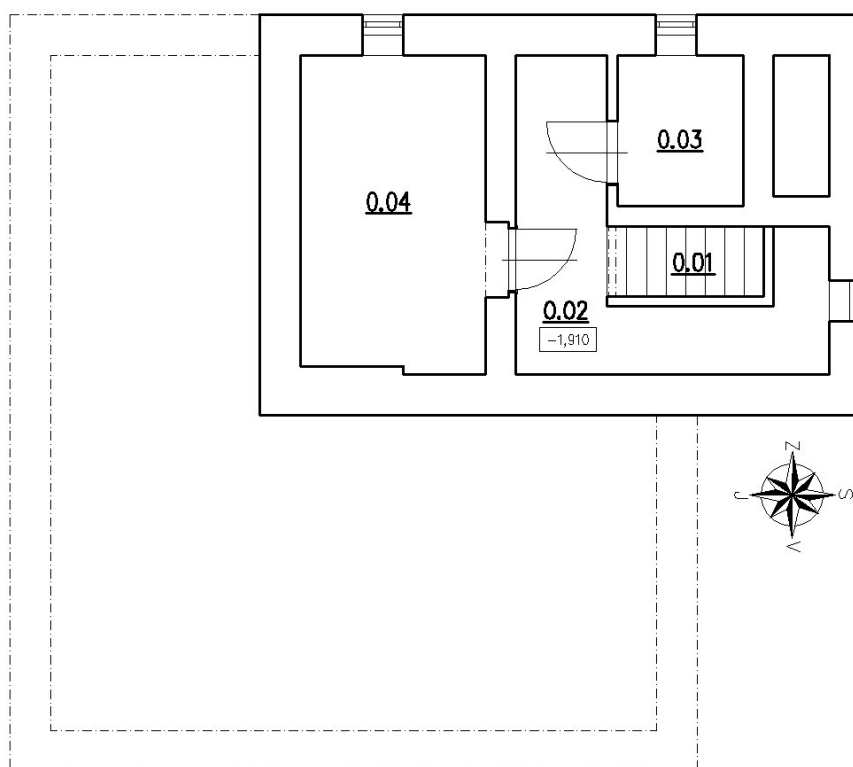


Obrázek 1.4 - 3. NP

Tabulka 1.4 - charakteristika místností 3. NP

číslo místnosti	účel místnosti	plocha místnosti
		[m <sup>2</sup> ]
3.01	schodiště	11,09
3.02	zádveří bytu	4,54
3.03	koupelna + WC	6,75
3.04	obývací pokoj + kuchyně	18,40
3.05	ložnice	16,37
3.06	zádveří bytu	4,55
3.07	koupelna + WC	7,34
3.08	obývací pokoj + kuchyně	17,41
3.09	ložnice	16,37

V prvním podzemním patře se nachází technická místnost a sklad. Rozložení místností v 1. PP je patrné z obrázku 1.5.



Obrázek 1.5 - 1. PP

Tabulka 1.5 - charakteristika místností 1. PP

číslo místnosti	účel místnosti	plocha místnosti
		[m <sup>2</sup> ]
0.01	schodiště	2,38
0.02	chodba	10,61
0.03	sklad	4,14
0.04	technická místnost	12,86

### 1.3 Složení stavebních konstrukcí

Vnější obvodové stěny jsou postaveny z plných cihel o tloušťce 460 mm. Zdi jsou z vnitřní strany omítnuty vápennou a z vnější strany vápenocementovou omítkou. Během rekonstrukce byly obvodové zdi z vnější strany zatepleny systémem Etics, jehož hlavní izolační vrstvu tvoří šedý polystyren o síle 140 mm, pokrytý výztužnou vrstvou a zrnitou silikonovou omítkou.

Vnitřní nosné zdi jsou z plných cihel o tloušťce 290 mm a jsou omítnuty vápenocementovou omítkou.

Příčky byly postaveny během rekonstrukce z Ytongových tvárnic, tj. pórobetonu.

Nosná konstrukce podlahy 1. NP nad terénem je tvořena 150 mm tlustou železobetonovou deskou, pod níž se nachází hutněný podsyp a rostlý terén. Na ní je asfaltová lepenka, která slouží jako hydroizolace, podlahový polystyren EPS 200s, sloužící jako tepelná izolace, cementový potěr a podlahová krytina, která se v jednotlivých místnostech liší.

Skladba podlahy 1. NP nad sklepem je stejná jako u podlahy ležící na terénu. Jediným rozdílem je, že železobetonová deska zde tvoří stropní konstrukci sklepu a je ze spodní strany omítnuta vápenocementovou omítkou.

Nosné konstrukce ostatních podlah, respektive stropů jsou tvořeny dřevěnými trámy 140/260 mm s roztečí 800 mm. Mezi trámy je vložena minerální vlna. Ze spodní strany trámů se nachází sádkokarton a vápenocementová omítky. Z vrchní strany se nachází dřevěný záklop, podlahový polystyren Stylofloor T4, cementový potěr a podlahová krytina.

Stropní konstrukce třetího nadzemního patra (pod nevytápěnou půdou) je tvořena dřevěnými kleštinami 80/180 mm, mezi něž je vložena minerální vlna. Pod ní je umístěn rošt pod sádkokartonem vyplněný minerální vlnou, parozábrana, sádkokarton a štuková omítky.

## 1.4 Tepelně technické vlastnosti stavebních konstrukcí

Součinitel prostupu tepla charakterizuje danou konstrukci z tepelně izolačního hlediska. Jeho výpočet závisí na tloušťce konstrukce, odporech vůči přestupu tepla na vnějších stranách a součiniteli vedení tepla, který je materiálovou charakteristikou. Tepelně technické vlastnosti použitých konstrukcí jsou patrné z tabulky 1.6.

Tabulka 1.6 – vlastnosti vybraných stavebních materiálů [2]

Materiál	veličina		
	součinitel tepelné vodivosti	měrná tepelná kapacita	hustota
	$\lambda$	$c$	$\rho$
	[W/m·K]	[J/kg·K]	[kg/m <sup>3</sup> ]
cihla plná	0,80	900,00	1700,00
YTONG - příčka	0,17	1000,00	700,00
asfaltová hydroizolace IPA	0,20	1470,00	1280,00
podlahový polystyren EPS 200s	0,03	2060,00	30,00
cementový potěr	0,06	830,00	1200,00
omítky vápenocementová	0,99	790,00	2000,00
omítky vápenná	0,88	840,00	1600,00
šedý polystyren	0,03	1240,00	40,00

$$U_k = \frac{1}{R_{si} + \sum R_i + R_{se}} = \frac{1}{R_{si} + \sum \frac{d_i}{\lambda_i} + R_{se}} \quad (1.1)$$

kde:  $U_k$ ...součinitel prostupu tepla konstrukcí [ $\text{W/m}^2\cdot\text{K}$ ]

$R_{si}$ ...odpor přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce [ $\text{m}^2\cdot\text{K/W}$ ]

$R_{se}$ ...odpor přestupu tepla na vnější straně konstrukce [ $\text{m}^2\cdot\text{K/W}$ ]

$R_i$ ...odpor vůči přestupu tepla i-té konstrukce [ $\text{m}^2\cdot\text{K/W}$ ]

$d_i$ ...tloušťka i-té vrstvy konstrukce [m]

$\lambda_i$ ...součinitel tepelné vodivosti i-té vrstvy konstrukce [ $\text{W/m}\cdot\text{K}$ ]

V tabulce 1.7 jsou uvedeny hodnoty výpočtu součinitele prostupu tepla vnější obvodovou stěnou. Výpočty hodnot součinitelů prostupu tepla všech konstrukcí jsou uvedeny v příloze P1.

Tabulka 1.7 – součinitel prostupu tepla vnější obvodové stěny

OBVODOVÁ STĚNA tl=650 mm					
MATERIÁL	d [m]	$\lambda$ [W/m.K]	R [m <sup>2</sup> .K/W]	$U_k$ [W/m <sup>2</sup> .K]	
odpor při přestupu tepla na vnitřní straně vodorovný tepelný tok			0,13		skladba stěny
omítka vápenná	0,02	0,88	0,022727		
zdivo z CP	0,46	0,80	0,575		
omítka VPC	0,02	0,99	0,020202		
pastovitá omítka	0,002	0,74	0,002703		
lepicí malta	0,005	0,97	0,005155		
šedý polystyren	0,14	0,03	4,666667		
silikonová omítka	0,02	0,18	0,111111		
odpor při přestupu tepla na vnější straně vodorovný tepelný tok			0,04		
celkový odpor stěny			5,573564	<b>0,179418</b>	CELKOVÉ $U_k$ ZDI

## 2 TEPELNÉ ZISKY A ZTRÁTY

Aby bylo možné navrhnout soustavu chladicích zařízení o adekvátních výkonech a zvolit vhodný zdroj chladu, je v první řadě nutné spočítat tepelné zisky jednotlivých prostor, v nichž se budou tato zařízení nacházet. Protože některé zdroje chladu umožňují také reverzní režim, a je tedy možné jimi v zimním období přitápět, je rovněž nezbytné alespoň orientačně zjistit tepelnou ztrátu celého objektu.

Díky znalosti tepelných zisků a ztrát je následně možné zvolit zdroj, který pokryje a zároveň výrazně nepřekročí požadované hodnoty topného a chladicího výkonu.

### 2.1 Ukázkový výpočet tepelných zisků

Tepelná zátěž daného prostoru je součtem následujících tepelných zisků [3].

a) tepelné zisky od vnitřních zdrojů:

- zisky od lidí
- zisky od svítidel
- zisky od elektrických spotřebičů

b) tepelné zisky od vnějších zdrojů:

- zisky okny radiací
- zisky okny prostupem tepla
- zisky prostupem tepla vnějšími stěnami
- zisky prostupem tepla z neklimatizovaných prostor
- zisky přívodem větracího vzduchu

Pro ukázkový výpočet tepelných zisků byla zvolena místnost číslo 2.06, která se nachází v druhém nadzemním patře a slouží jako ložnice. Okno pokoje je orientováno na jih.

Požadovaná vnitřní teplota místnosti v letním období je 26 °C. Nejvyšší výpočtová venkovní teplota je 30 °C.

Výpočet byl proveden pro 21. červenec 15 hodin středoevropského času (SEČ).

Kladné hodnoty tepelných zisků byly zaokrouhleny na 5 W a záporné hodnoty menší než -100 W nebyly uvažovány [3].

#### 2.1.1 Tepelné zisky od lidí

Tepelný zisk od lidí byl určen podle rovnice (2.1) [3].

$$\dot{Q}_L = i_L \cdot 6,2 \cdot (36 - t_i) \quad (2.1)$$

kde:  $t_i$ ...teplota vzduchu v klimatizované místnosti [°C]



Hodnota  $i_L$  charakterizuje vliv počtu mužů, žen a dětí na zvyšování teploty vzduchu v místnosti a určuje se podle rovnice (2.2) [3].

$$i_L = 0,85 \cdot i_z + 0,75 \cdot i_d + i_m \quad (2.2)$$

kde:  $i_z$ ...uvažovaný počet dospělých žen [-]

$i_d$ ...uvažovaný počet dětí [-]

$i_m$ ...uvažovaný počet dospělých mužů [-]

V ložnici byla při výpočtu uvažována přítomnost jednoho dospělého muže a jedné dospělé ženy, takže v tomto případě je  $i_L=1,85$ .

Dosazením do rovnice (2.1) byl získán tepelný zisk od lidí:

$$\dot{Q}_L = 1,85 \cdot 6,2 \cdot (36 - 26) = 114,7 \text{ W}$$

Výsledek byl následně zaokrouhlen na hodnotu 115 W.

### 2.1.2 Tepelné zisky od svítidel

Místnost 2.06 je vybavena osvětlením LED. Celkový příkon svítidel činí 4 W/m<sup>2</sup>.

Tepelný zisk od svítidel byl vypočítán dle vztahu (2.3) [3].

$$\dot{Q}_{SV} = \sum P \cdot S_o \cdot c_1 \cdot c_2 \quad (2.3)$$

kde:  $\Sigma P$ ...příkon svítidel v místnosti [W/m<sup>2</sup>]

$S_o$ ...osvětlená plocha [m<sup>2</sup>]

$c_1$ ...činitel současnosti používání svítidel [-]

$c_2$ ...zbytkový součinitel [-], v případě dobře provětrávané místnosti se tento součinitel volí  $c_2=1$  [3]

Dosazení do vztahu (2.3):

$$\dot{Q}_{SV} = 4 \cdot 15,2 \cdot 0,8 \cdot 1 = 48,64 \text{ W} \doteq 50 \text{ W}$$

### 2.1.3 Tepelné zisky od elektrických zařízení

Obdobně jako v kapitole 2.1.2, je nejprve nutné určit trvalý příkon všech elektrických zařízení v dané místnosti. V místnosti 2.06 se nachází pouze jeden televizor, jehož trvalý příkon je 150 W.

---

Zisk od elektrických zařízení byl vypočítán podle rovnice (2.4) [3].

$$\dot{Q}_{el} = \sum P \cdot c_1 \cdot c_3 \quad (2.4)$$

kde:  $\Sigma P$ ...součet trvalých příkonů všech elektrických zařízení [W]

$c_1$ ...součinitel současnosti používání [-]

$c_3$ ...součinitel průměrného zatížení zdroje [-]

Dosazení do vztahu (2.4):

$$\dot{Q}_{el} = 150 \cdot 1 \cdot 1 = 150 \text{ W}$$

#### 2.1.4 Tepelné zisky okny radiací

Tyto tepelné zisky vznikají pronikáním sluneční radiace zasklenými plochami. K jejich určení je zapotřebí provést řadu dílčích výpočtů. Ukázkový výpočet byl proveden pro den 21. července pro 15:00. Okno místnosti je orientováno na jih a vnější stěny pokoje jsou orientovány na jih a západ (obrázek 1.3).

Nejprve byla vypočtena sluneční deklinace podle vztahu (2.5).

$$\delta = -23,5 \cdot \cos(30 \cdot M) \quad (2.5)$$

kde:  $\delta$ ...sluneční deklinace [°]

$M$ ...číslo měsíce [-]

Dosazení do vztahu (2.5):

$$\delta = -23,5 \cdot \cos(30 \cdot 7) = 20,4^\circ$$

Dalším krokem bylo určení výšky slunce nad obzorem, která je závislá na hodině výpočtu (2.6).

$$h = \sin^{-1}[0,766 \cdot \sin \delta - 0,643 \cdot \cos(15 \cdot \tau)] \quad (2.6)$$

kde:  $\tau$ ...čas výpočtu [h]

Dosazením do vztahu (2.6) byla zjištěna výška slunce v 15 hodin:

$$h = \sin^{-1}[0,766 \cdot \sin 20,4 - 0,643 \cdot \cos(15 \cdot 15)] = 43,8^\circ$$

Následně byl určen sluneční azimut podle rovnice (2.7).

$$\alpha = 180^\circ - \sin^{-1} \left[ \frac{\sin(15 \cdot \tau) \cdot \cos \delta}{\cos h} \right] \quad (2.7)$$

Dosazení do vztahu (2.7):

$$\alpha = 180^\circ - \sin^{-1} \left[ \frac{\sin(15 \cdot 15) \cdot \cos 20,4}{\cos 43,8} \right] = 246,8^\circ$$

Úhel mezi normálou osluněného povrchu svislé stěny a směrem slunečních paprsků byl vypočten podle rovnice (2.8).

$$\theta = \cos^{-1} [\cos h \cdot \cos(\alpha - \gamma)] \quad (2.8)$$

kde:  $\gamma$ ...azimut kolmé stěny [°], pro jižní stranu je azimut roven  $180^\circ$  [3]

$$\theta = \cos^{-1} [\cos 43,8 \cdot \cos(246,8 - 180)] = 73,5^\circ$$

Intenzita přímé sluneční radiace byla spočítána dle vztahu (2.9).

$$I_{DK} = 1350 \cdot e^{\left( \frac{-z}{10} \cdot \left( \frac{16000 - h_{n.m.}}{16000 + h_{n.m.}} \right) \cdot \left( \frac{1}{\sin h} \right)^{0,8} \right)} \quad (2.9)$$

kde:  $h_{n.m.}$ ...nadmořská výška [m]

$z$ ...součinitel znečištění atmosféry [-], v tomto případě bylo použito  $z=5$

Dosazení do vztahu (2.9):

$$I_{DK} = 1350 \cdot e^{\left( \frac{-5}{10} \cdot \left( \frac{16000 - 254}{16000 + 254} \right) \cdot \left( \frac{1}{\sin 43,8} \right)^{0,8} \right)} = 702 \frac{W}{m^2}$$

Dalším krokem bylo určení intenzity difuzní sluneční radiace podle rovnice (2.10), tedy radiace rozptýlené v prostoru i v případě, že je například zataženo a na zasklení nedopadají přímé sluneční paprsky.

$$I_d = \left[ 1350 - I_{DK} - (1080 - 1,4 \cdot I_{DK}) \cdot \sin^2 \left( \frac{\alpha}{2} \right) \right] \cdot \frac{\sin h}{3} \quad (2.10)$$

Dosazení do vztahu (2.10):

$$I_d = \left[ 1350 - 702,02 - (1080 - 1,4 \cdot 702,02) \cdot \sin^2 \left( \frac{246,8}{2} \right) \right] \cdot \frac{\sin 43,8}{3} = 133,98 \frac{W}{m^2}$$

Intenzita přímé sluneční radiace na orientovanou plochu pro jižní stranu byla vypočtena dle rovnice (2.11).

---

$$I_D = I_{DK} \cdot \cos \theta \quad (2.11)$$

Dosazení do rovnice (2.11):

$$I_D = 702,02 \cdot \cos 73,5 = 199,38 \frac{W}{m^2}$$

Celkový poměr propustnosti sluneční radiace standardním sklem byl určen ze vztahu (2.12) [3].

$$T_D = 0,87 - 1,47 \cdot \left(\frac{\theta}{100}\right)^5 \quad (2.12)$$

Dosazení do vztahu (2.12):

$$T_D = 0,87 - 1,47 \cdot \left(\frac{73,5}{100}\right)^5 = 0,55$$

Důležitou hodnotou je intenzita sluneční radiace procházející zasklením. Byla určena podle vztahu (2.13).

$$I_0 = I_D \cdot T_D + I_d \cdot T_d \quad (2.13)$$

kde:  $I_0$ ...intenzita sluneční radiace procházející jednoduchým zasklením [ $W/m^2$ ]

$T_d$ ...celkový poměr propustnosti difuzní sluneční radiace standardním sklem [-], dle normy [3] je  $T_d=0,85$   $W/m^2$

Dosazení do vztahu (2.13):

$$I_0 = 199,38 \cdot 0,55 + 133,98 \cdot 0,85 = 224 \frac{W}{m^2}$$

Intenzita difuzní sluneční radiace procházející jednoduchým zasklením byla vypočítána podle vztahu (2.14).

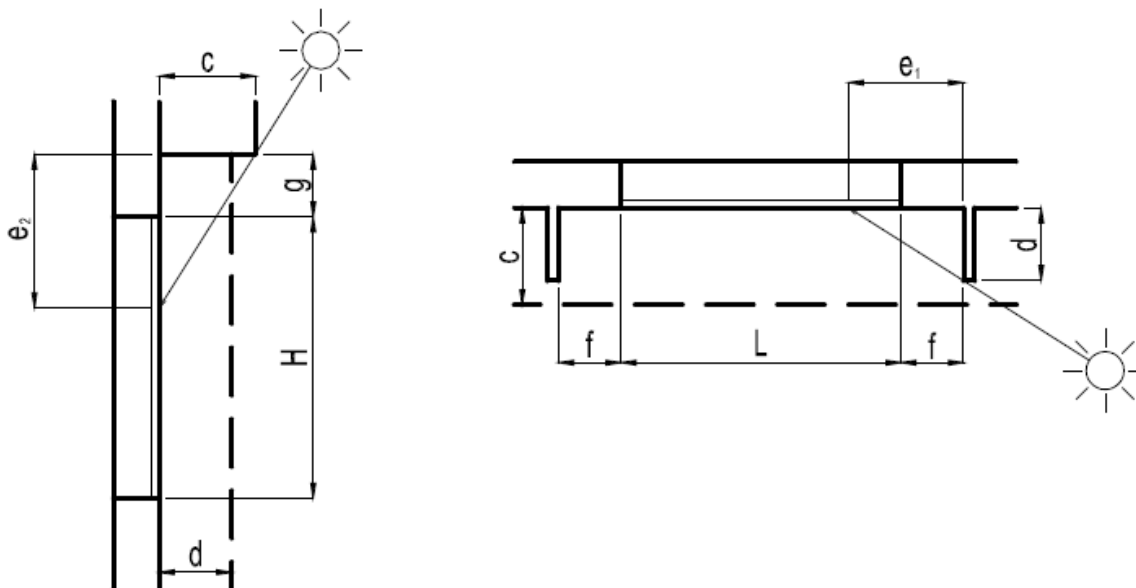
$$I_{0d} = I_d \cdot T_d \quad (2.14)$$

kde:  $I_{0d}$ ...intenzita difuzní sluneční radiace procházející jednoduchým zasklením [ $W/m^2$ ]

Po dosazení do vztahu (2.14):

$$I_{0d} = 133,98 \cdot 0,85 = 114 \frac{W}{m^2}$$

Následně byly vypočteny hodnoty týkající se oslunění okna. Na obrázku 2.1 jsou zobrazeny jednotlivé vzdálenosti a délky stínů pro výpočet osluněné plochy okna.



Obrázek 2.1 – schéma oslunění okna [4]

Délky stínů  $e_1$  a  $e_2$  byly spočítány dle rovnic (2.15) a (2.16).

$$e_1 = d \cdot \tan(\alpha - \gamma) \quad (2.15)$$

$$e_2 = c \cdot \frac{\tan h}{\cos(\alpha - \gamma)} \quad (2.16)$$

kde:  $d$ ...hloubka okna [m]

$c$ ...hloubka okna vzhledem k horní stínící desce [m]

$$e_1 = 0,35 \cdot \tan(246,8 - 180) = 0,82 \text{ m}$$

$$e_2 = 0,35 \cdot \frac{\tan 43,8}{\cos(246,8 - 180)} = 0,85 \text{ m}$$

Dále byla dle vztahu (2.17) určena osluněná plocha okna.

$$S_{os} = [L - (e_1 - f)] \cdot [H - (e_2 - g)] \quad (2.17)$$

kde:  $L$ ...délka zasklené plochy okna [m]

$H$ ...výška zasklené plochy okna [m]

---

f...odstup svislé části okna od slunolamů [m]

g...odstup vodorovné části okna od slunolamů [m]

Dosazení do vztahu (2.17):

$$S_{os} = [1,22 - (0,82 - 0,05)] \cdot [1,32 - (0,85 - 0,05)] = 0,23 \text{ m}$$

Poté byl spočítán prostup tepla okny radiací dle rovnice (2.18).

$$\dot{Q}_{ori} = [S_{os} \cdot I_0 \cdot c_0 + (S_0 - S_{os}) \cdot I_{0d}] \cdot s \cdot n_0 \quad (2.18)$$

kde:  $c_0$ ...korekce na čistotu atmosféry [-], Vyškov je malé město s trochou průmyslu, proto byla korekce zvolena rovna 1.

$s$ ...stínící součinitel [-]

$n_0$ ...počet oken [-]

Dosazení do rovnice (2.18):

$$\dot{Q}_{ori} = [0,23 \cdot 224 \cdot 1 + (1,93 - 0,23) \cdot 114] \cdot 0,27 \cdot 1 = 66 \text{ W}$$

Snížení maximální hodnoty tepelných zisků od oslunění oken bylo určeno podle vztahu (2.19).

$$\Delta \dot{Q} = 0,05 \cdot M \cdot \Delta t \quad (2.19)$$

kde:  $\Delta t$ ...maximální povolené překročení teploty v klimatizovaném prostoru [K]

$M$ ...hmotnost konstrukcí pro akumulaci [kg], při výpočtu nebyly uvažovány vnější stěny [3]

V tabulce 2.1 jsou uvedeny hmotnosti jednotlivých konstrukcí pro akumulaci a také celková hmotnost všech konstrukcí  $M$ , která byla určena jako součet dílčích hmotností. Při výpočtu nebyla pro akumulaci uvažována stropní konstrukce, protože v této místnosti bude instalováno stropní chlazení.

*Tabulka 2.1 – hmotnost konstrukcí pro akumulaci v místnosti 2.06*

hmotnost vnitřní nosné stěny	MNS	[kg]	1005
hmotnost vnitřní příčky	MPŘ	[kg]	1102
hmotnost podlahy ZNP	MP	[kg]	2056
<b>celková hmotnost</b>	<b>M</b>	<b>[kg]</b>	<b>4162</b>

Dosazení do rovnice (2.19):

$$\Delta \dot{Q} = 0,05 \cdot 4162 \cdot 1 = 208,11 \text{ W}$$

Tepelný zisk okny radiací byl vypočítán podle rovnice (2.20).

$$\dot{Q}_{or} = \text{MAX}(\dot{Q}_{or,m}; \dot{Q}'_{ori}) \quad (2.20)$$

kde:  $\dot{Q}'_{ori}$ ...tepelný zisk okny radiací v dané hodině snížený o  $\Delta Q$ , byl vypočten podle vztahu (2.21)

$\dot{Q}_{or,m}$ ...průměrná hodnota tepelných zisků vypočítaná dle vztahu (2.22)

$$\dot{Q}'_{ori} = \dot{Q}_{ori} - \Delta \dot{Q} \quad (2.21)$$

$$\dot{Q}_{or,m} = \sum_{i=1}^n \frac{\dot{Q}_{ori}}{n} \quad (2.22)$$

kde:  $n$ ...počet hodin výpočtu [-]

Dosazením do vztahu (2.20) byl vypočten následující tepelný zisk okny radiací.

$$\dot{Q}_{or} = \text{MAX}(74,5; -142) = 74,5 \text{ W} \doteq 75 \text{ W}$$

Hodnoty jednotlivých  $\dot{Q}_{ori}$  jsou uvedeny v příloze CD1.

### 2.1.5 Tepelné zisky okny prostupem tepla

Tepelný zisk vznikající prostupem tepla okny byl vypočítán podle rovnice (2.23).

$$\dot{Q}_{ok} = U_{ok} \cdot S_{ok} \cdot (t_e - t_i) \quad (2.23)$$

kde:  $U_{ok}$ ...součinitel prostupu tepla oknem [ $\text{W/m}^2\cdot\text{K}$ ], zde je  $U_{ok}=0,9 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ , popřípadě jej lze určit výpočtem podle vztahu (1.1)

$S_{ok}$ ...plocha všech oken v místnosti včetně rámu [ $\text{m}^2$ ]

$t_e$ ...denní venkovní teplota pro danou hodinu výpočtu [ $^{\circ}\text{C}$ ]

$t_i$ ...vnitřní požadovaná teplota klimatizovaného prostoru [ $^{\circ}\text{C}$ ]

Dosazení do vztahu (2.23) pro místnost 2.06:

$$\dot{Q}_{ok} = 0,9 \cdot 1,93 \cdot (30 - 26) = 6,94 \text{ W} \doteq 5 \text{ W}$$

### 2.1.6 Tepelné zisky vnějšími stěnami

Tato tepelná zátěž vzniká prostupem tepla z vnějšího prostředí do klimatizovaného prostoru skrze vnější stěny. Typ výpočtu závisí na tloušťce konstrukce zdi [3]. Podle síly konstrukce lze rozdělit stěny na lehké, střední a těžké.

Polyfunkční dům ve Vyškově má obvodové zdi o tloušťce 650 mm včetně izolace, takže se jedná o těžké stěny. Prostup tepla tímto typem stěn se počítá dle vztahu (2.24).

$$\dot{Q}_S = [U_k \cdot S_Z \cdot (t_{Zr,m} - t_i)] + [U_k \cdot S_J \cdot (t_{Jr,m} - t_i)] \quad (2.24)$$

kde:  $U_k$ ...součinitel prostupu tepla konstrukcí vnější stěny [ $W/m^2 \cdot K$ ], určuje se podle vztahu (1.1)

$S_Z$ ;  $S_J$ ...plocha vnější západní, resp. jižní stěny [ $m^2$ ]

$t_i$ ...požadovaná vnitřní teplota klimatizovaného prostoru [ $^{\circ}C$ ]

$t_{Zr,m}$ ;  $t_{Jr,m}$ ...průměrná rovníocenná sluneční teplota na západní, resp. jižní stěně [ $^{\circ}C$ ], byla určena dle vztahu (2.25)

$$t_{r,m} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n t_{r,i} \quad (2.25)$$

kde:  $n$ ...počet hodin výpočtu [-]

$t_{r,i}$ ...rovníocenná sluneční teplota pro kolmou plochu v dané hodině [ $^{\circ}C$ ], určena podle vztahu (2.26)

$$t_{r,i} = t_e + \frac{\varepsilon \cdot (I_D + I_d)}{\alpha_e} \quad (2.26)$$

kde:  $\varepsilon$ ...součinitel poměrné tepelné pohltivosti pro sluneční radiaci [-], v tomto případě pro středně světlou barvu  $\varepsilon=0,6$

$\alpha_e$ ...součinitel přestupu tepla na vnější straně [ $W/m^2 \cdot K$ ], zde  $\alpha_e=15 W/m^2 \cdot K$

Po dosazení do vztahu (2.24) pro místnost 2.06 byla spočtena následující hodnota tepelného zisku vnějšími stěnami:

$$\dot{Q}_S = [0,18 \cdot 8,79 \cdot (38,7 - 26)] + [0,18 \cdot 12,02 \cdot (38,8 - 26)] = 47,6 W \doteq 50 W$$

V tabulce 2.2 jsou uvedeny rovníocenné sluneční teploty pro všechny výpočtové hodiny a následně spočítané průměrné rovníocenné teploty pro místnost 2.06.



Tabulka 2.2 – rovníčné sluneční teploty

HODINY	rovníčná slun.teplota pro plochu (západ)	rovníčná slun.teplota pro plochu (jih)	průměrná rovníčná sl.teplota (západ)	průměrná rovníčná sl.teplota (jih)
	$t_{r,z}$	$t_{r,j}$	$t_{r,zm}$	$t_{r,jm}$
	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]
7	23,2	23,9	38,7	38,8
8	25,8	29,2		
9	28,4	36,3		
10	30,8	42,8		
11	33,1	47,6		
12	34,7	50,1		
13	43,2	50,2		
14	49,9	47,8		
15	54,0	43,3		
16	54,8	37,8		
17	51,3	33,5		
18	43,1	33,1		
19	30,8	28,7		

### 2.1.7 Tepelné zisky z neklimatizovaných prostor

Stejně jako se dostává teplo z venkovního prostředí do klimatizovaného prostoru, tak také do těchto místností prostupuje teplo skrze konstrukce oddělující je od neklimatizovaných prostor s vyšší teplotou vzduchu.

V případě ložnice 2.06 je jedinou konstrukcí oddělující ji od neklimatizovaného prostoru podlaha 2. NP. Tepelný zisk z neklimatizovaných prostor byl určen dle vztahu (2.27).

$$\dot{Q}_{np} = S \cdot U_k \cdot (t_{i,neklim} - t_i) \quad (2.27)$$

kde:  $S$ ...plocha konstrukce nebo dveří oddělujících klimatizovaný a neklimatizovaný prostor [ $m^2$ ]

$U_k$ ...součinitel prostupu tepla danou konstrukcí [ $W/m^2 \cdot K$ ], spočítaný dle vztahu (1.1)

$t_{i,neklim}$ ...teplota vzduchu v neklimatizované sousední místnosti [ $^{\circ}C$ ]

Dosazení do rovnice (2.27):

$$\dot{Q}_{np} = 15,2 \cdot 0,68 \cdot (28 - 26) = 20,72 \text{ W} \doteq 20 \text{ W}$$

### 2.1.8 Tepelné zisky přívodem větracího vzduchu

Tepelný zisk přívodem větracího vzduchu byl určen dle rovnice (2.28).

$$\dot{Q}_l = \dot{V}_l \cdot \rho \cdot c \cdot (t_e - t_i) \quad (2.28)$$

kde:  $\dot{V}_l$ ...objemový tok přiváděného větracího vzduchu [ $\text{m}^3/\text{s}$ ], stanovení objemu vzduchu je uvedeno v kapitole 4.1

$\rho$ ...hustota přiváděného vzduchu [ $\text{kg}/\text{m}^3$ ]

$c$ ...měrná tepelná kapacita vzduchu [ $\text{J}/\text{kg}\cdot\text{K}$ ]

Dosazení do vztahu (2.28) pro místnosti 2.06 pro 15 hodin:

$$\dot{Q}_l = 0,01 \cdot 1,2 \cdot 1010 \cdot (30 - 26) = 67,33 \text{ W} \doteq 70 \text{ W}$$

### 2.1.9 Výsledný tepelný zisk

Výsledný tepelný zisk pro určitou hodinu je součtem všech dílčích tepelných zisků v dané výpočtové hodině, spočítaných dle postupů uvedených v kapitolách 2.1.1 až 2.1.8. Výsledné tepelné zisky místnosti 2.06 v jednotlivých hodinách jsou uvedeny v tabulce 2.3.

Tabulka 2.3 – celková tepelná zátěž místnosti 2.06 v jednotlivých hodinách

HODINY	celková tepelná zátěž bez tep. zisku větracím vzduchem	celková tepelná zátěž s přívodem vzduchu
	$Q_c$	$Q'_c$
	[W]	[W]
7	460	350
8	460	460
9	460	460
10	460	460
11	460	470
12	465	495
13	465	515
14	465	530
<b>15</b>	<b>465</b>	<b>535</b>
16	465	530
17	465	515
18	465	525
19	460	470

Způsobem uvedených v kapitole 2.1 byly určeny tepelné zisky všech klimatizovaných místností (tabulka 2.4). Podrobné výsledky dílčích i finálních hodnot výpočtů tepelných zátěží jednotlivých místností jsou uvedeny v příloze CD1.

Snahou bylo snížit tepelné zisky na možné minimum, protože tímto způsobem je možné dosáhnout nízkých nákladů na chlazení objektu.

*Tabulka 2.4 – maximální tepelné zisky místností*

patro	číslo místnosti	maximální tepelný zisk místnosti
		$Q_c$
		[W]
1. NP	1.11	1210
	1.13	1385
2. NP	2.05	805
	2.06	535
	2.07	540
3. NP	3.04	630
	3.05	575
	3.08	620
	3.09	605

Při snižování tepelné zátěže hrají důležitou roli stínící prostředky, jako například vnější žaluzie, dále pak tepelně izolační vlastnosti vnějších i vnitřních zdí, kvalita oken, druh použitého osvětlení a v neposlední řadě také energetická třída elektrických spotřebičů.

## 2.2 Výpočet tepelných ztrát

Přestože součástí této práce není návrh vytápění, bylo z důvodů uvedených v úvodu této kapitoly (kapitola 2) nutné aspoň orientačně spočítat tepelné ztráty objektu v zimním období.

Jelikož nebylo zapotřebí zjistit přesné hodnoty tepelných ztrát jednotlivých místností, ale pouze ztrátu celé budovy, byla pro výpočet použita tzv. obálková metoda určení tepelných ztrát. Tato metoda spočívá ve výpočtu tepelné ztráty obálky, tedy vnějších stěn budovy, její střechy a podlahy ležící nad terénem nebo nevytápěným sklepem.

### 2.2.1 Ukázkový výpočet tepelné ztráty prostupem

Celková tepelná ztráta prostupem byla spočítána podle vztahu (2.29).

$$\Phi_T = \sum \Phi_{T,i} + \Phi_{tep.vazeb} \quad (2.29)$$

kde:  $\Phi_T$ ...celková tepelná ztráta prostupem [W]

$\Phi_{T,i}$ ...ztráta prostupem i-tou konstrukcí [W], spočítaná dle vztahu (2.30)

---

$\Phi_{\text{tep.vazeb}}$ ...ztráta prostupem tepelnými vazbami [W], spočítaná podle rovnice (2.31)

$$\Phi_{T,i} = S \cdot U_k \cdot (t_i - t_e) \quad (2.30)$$

kde:  $S$ ...celková plocha konstrukce daného typu [ $\text{m}^2$ ]

$U_k$ ...součinitel prostupu tepla dané konstrukce [ $\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$ ], vypočítaný podle vztahu (1.1)

$t_e$ ...venkovní zimní výpočtová teplota [ $^{\circ}\text{C}$ ], viz. kapitola 1.1

$$\Phi_{\text{tep.vazeb}} = \sum S \cdot 0,05 \cdot (t_i - t_e) \quad (2.31)$$

kde:  $\sum S$ ...suma ploch všech konstrukcí [ $\text{m}^2$ ]

Dosazení do rovnice (2.29):

$$\Phi_T = 5360,43 + 1169,01 = 6529,44 \text{ W}$$

### 2.2.2 Ukázkový výpočet tepelné ztráty větráním

Tepelná ztráta větráním byla vypočítána podle vztahu (2.32).

$$\Phi_V = \dot{V} \cdot \rho \cdot c \cdot (t_i - t_p) \quad (2.32)$$

kde:  $\dot{V}$ ...objemový tok přiváděného vzduchu [ $\text{m}^3/\text{s}$ ]

$t_i$ ...teplota vzduchu v místnosti [ $^{\circ}\text{C}$ ]

$t_p$ ...teplota přiváděného vzduchu [ $^{\circ}\text{C}$ ], určená dle rovnice (2.33)

$$t_p = t_e + \eta_{\text{ZZT}} \cdot (t_i - t_e) \quad (2.33)$$

kde:  $\eta_{\text{ZZT}}$ ...účinnost zpětného získávání tepla v rekuperátoru [-] [5]

Dosazení do vztahu (2.33):

$$t_p = -12 + 0,83 \cdot (22 - (-12)) = 16,22 \text{ } ^{\circ}\text{C}$$

Dosazením do vztahu (2.32) byla následně získána hodnota tepelné ztráty větráním.

$$\Phi_V = 0,19 \cdot 1,2 \cdot 1010 \cdot (22 - 16,22) = 1323,23 \text{ W}$$

Celková orientační hodnota tepelné ztráty budovy byla určena součtem celkové tepelné ztráty prostupem a ztráty větráním. Její hodnota je 7,85 kW (tabulka 2.5).

*Tabulka 2.5 – výpočet tepelné ztráty budovy*

konstrukce	plocha	součinitel prostupu tepla konstrukce	rozdíl teplot	ztráta prostupem	
	S	U <sub>k</sub>	t <sub>i</sub> - t <sub>e</sub>	Φ <sub>T,i</sub>	
	[m <sup>2</sup> ]	[W/m <sup>2</sup> .K]	[°C]	[W]	
okna	57,56	0,9000	34	1761,28	
dveře	6,56	2,3000	34	512,85	
obvodové stěny	407,01	0,1794	34	2482,83	
strop pod nevytápěnou půdou	110,69	0,1187	25	328,43	
podlaha nad sklepem	36,60	0,1590	15	87,30	
podlaha nad terénem	69,23	0,1595	17	187,73	
CELKEM	687,65			5360,43	
tepelné vazby				1169,01	
ztráty prostupem celkem		Φ <sub>T</sub>	[W]	6529,44	
ZTRÁTA VĚTRÁNÍM					
účinnost ZZT	teplota přiváděného vzduchu	objem přiváděného vzduchu	hustota vzduchu	měrná tepelná kapacita	tepelná ztráta větráním
η <sub>ZZT</sub>	t <sub>p</sub>	V	ρ	c	Φ <sub>V</sub>
[-]	[°C]	[m <sup>3</sup> /h]	[kg/m <sup>3</sup> ]	[J/kg.K]	[W]
0,83	16,22	680	1,2	1010	1323,23
CELKOVÁ TEPELNÁ ZTRÁTA BUDOVY			Φ <sub>c</sub>	[kW]	7,85

### 3 CHLADICÍ SYSTÉMY

Chladicí systémy slouží zejména ke snížení teploty vzduchu v místnostech v letních měsících, čímž zajišťují tepelný komfort ve vnitřním prostředí.

V rámci prvního nadzemního patra budou chlazeny obě zubařské ordinace. Chlazení bude prováděno pomocí vodou chlazených fancoilových jednotek.

Místnosti ve druhém a třetím patře budou chlazeny za pomoci vodou chlazených sálavých stropních panelů.

Všechny chladicí systémy budou napojeny na společný zdroj chladu.

#### 3.1 Systém stropního chlazení

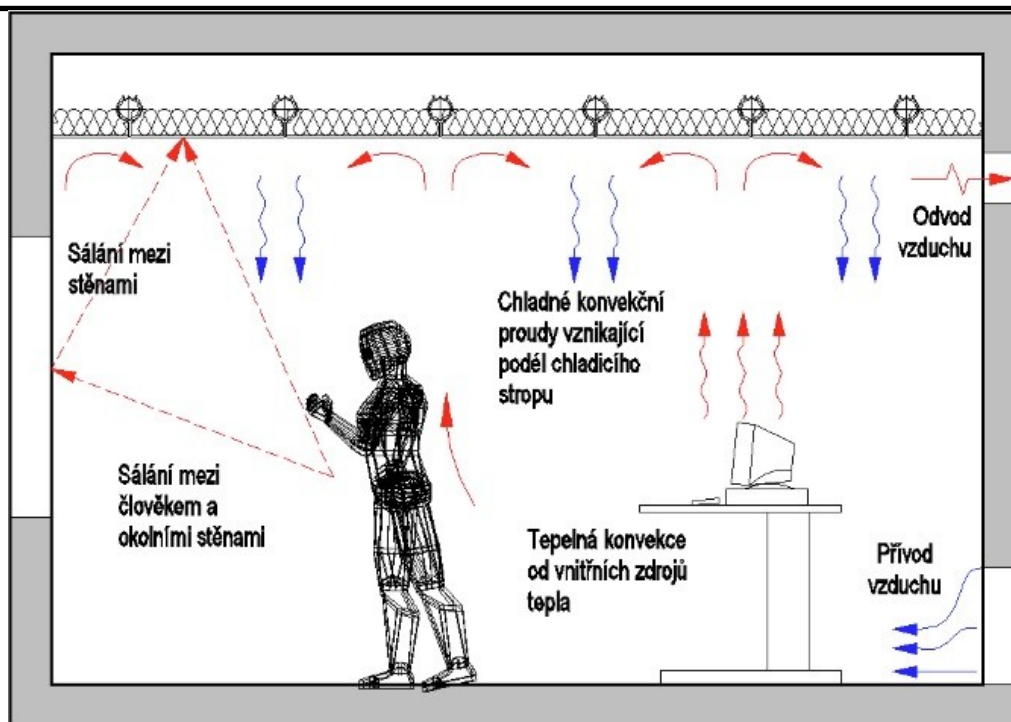
Stropní chlazení patří k tzv. velkoplošným převážně sálavým chladicím systémům. K přenosu tepla u těchto systémů dochází kombinací sálání a konvekce.

Princip chlazení je velmi prostý. Teplý vzduch kvůli své nízké hustotě stoupá nahoru, kde je ochlazen vlivem konvekce tepla ze studeného povrchu stropu a následně rovnoměrně klesá dolů (obrázek 3.1). Tento způsob chlazení je výhodný díky vytvoření přirozeného proudění vzduchu v místnosti a rovnoměrnému rozprostření chladného vzduchu v celém klimatizovaném prostoru, díky čemuž nejsou uživatelé obtěžováni prouděním přechlazeného vzduchu z výustek jak je tomu například u klasických fancoilových jednotek. Výše uvedený princip ochlazování vzduchu dokazuje proč je velkoplošné stropní chlazení výhodnější než chlazení stěnové nebo podlahové, kde chladný vzduch zůstává u země a se stoupající výškou teplota vzduchu roste.

Další výhodou je ochlazování okolních povrchů v místnosti způsobené sálavou složkou přenosu tepla, protože tepelná pohoda člověka závisí mimo jiné právě na teplotě povrchů, které jej obklopují. V neposlední řadě pak díky absenci jakýchkoli ventilátorů nebo výustek, umožňují chladicí velkoplošné systémy zcela tichý provoz, což je výhodou především v obytných prostorech. V některé literatuře je sálavé stropní chlazení dokonce označováno za „komfortní chlazení“ [6].

Stropní, převážně sálavé systémy lze při napojení na reverzibilní tepelné čerpadlo využít v zimním období také k vytápění. Zde však vyvstává podobný problém jako u podlahového chlazení, a sice že se teplý vzduch drží u stropu a nedostává se do zbytku vytápěného prostoru. Tento nedostatek lze do jisté míry vykompenzovat například přívodem větracího vzduchu vířivými stropními anemostaty.

Nejlepším řešením z hlediska tepelné pohody a přirozeného proudění vzduchu v místnosti je kombinace stropního chlazení a podlahového vytápění.



Obrázek 3.1 – sdílení tepla v prostoru s uzavřeným chladicím stropem [7]

Z ekonomického hlediska jsou nevýhodou vyšší pořizovací náklady oproti běžnějším splitovým systémům [7].

### 3.1.1 Typy chladicích stropů

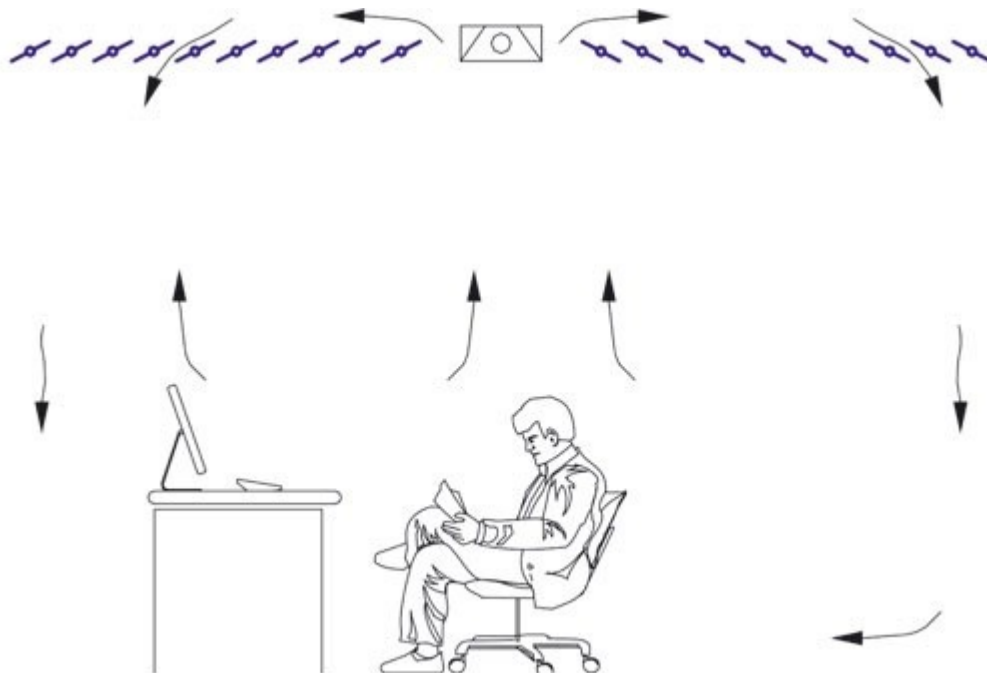
Z hlediska provedení lze sálavé chladicí systémy rozdělit na otevřené a uzavřené.

Otevřené chladicí stropy jsou charakteristické svými otvory, nebo mezerami, jež umožňují proudění vzduchu až ke stropu místnosti (obrázek 3.2). U tohoto typu stropů převažuje konvektivní složka přenosu tepla nad sálavou, proto jsou často nazývány konvektivními systémy. Lze je dále dělit na systémy lamelové a perforované [6].

U uzavřených systémů dochází k přenosu tepla převážně sálavou složkou a jsou tedy nazývány sálavými systémy. Pro zvýšení jejich účinnosti (snížení ztrátového chladicího výkonu) je důležité, aby byly z vrchní strany opatřeny tepelnou izolací.

Uzavřené systémy lze dále rozdělit podle konstrukce na masivní a lehké [6].

Masivní chladicí systémy jsou součástí konstrukce stropu. Vznikají například zalitím rozvodu teplotnosné látky do betonové stropní konstrukce. Naproti tomu lehké systémy jsou instalovány na spodní stranu stropní konstrukce a kromě uchycení do ní nijak nezasahují. Z tohoto důvodu jsou vhodnější pro rekonstrukce. Lehké systémy se mohou dále dělit na kontaktní systémy, kdy jsou kapilární rohože nebo potrubí chladicího hadu instalovány přímo na tepelnou izolaci ležící na stropní konstrukci, a na sendvičové konstrukce, kdy je potrubí chladicího hadu součástí jednotlivých panelů stropního podhledu. Název sendvičová konstrukce pochází z několika vrstev, které tvoří výsledný panel [8].



Obrázek 3.2 – proudění vzduchu v místnosti s otevřeným chladicím stropem [8]

### 3.1.2 Chladicí panely Variotherm

Pro chlazení obytných místností ve druhém a třetím patře polyfunkčního domu ve Vyškově byl vybrán systém chladicích stropů od firmy Variotherm.

Jedná se o systém chladicích stropů sestávající z jednotlivých panelů se sendvičovou konstrukcí (kapitola 3.1.1).

Každý panel je tvořen sádrokartonovou deskou o tloušťce 27 mm, do níž jsou vyfrézované drážky pro uložení potrubí chladicího hadu (obrázek 3.3). Z horní strany je panel při instalaci opatřen 50 mm tlustou vrstvou akustické minerální vaty, která slouží jako tepelná a zároveň zvuková izolace [9].

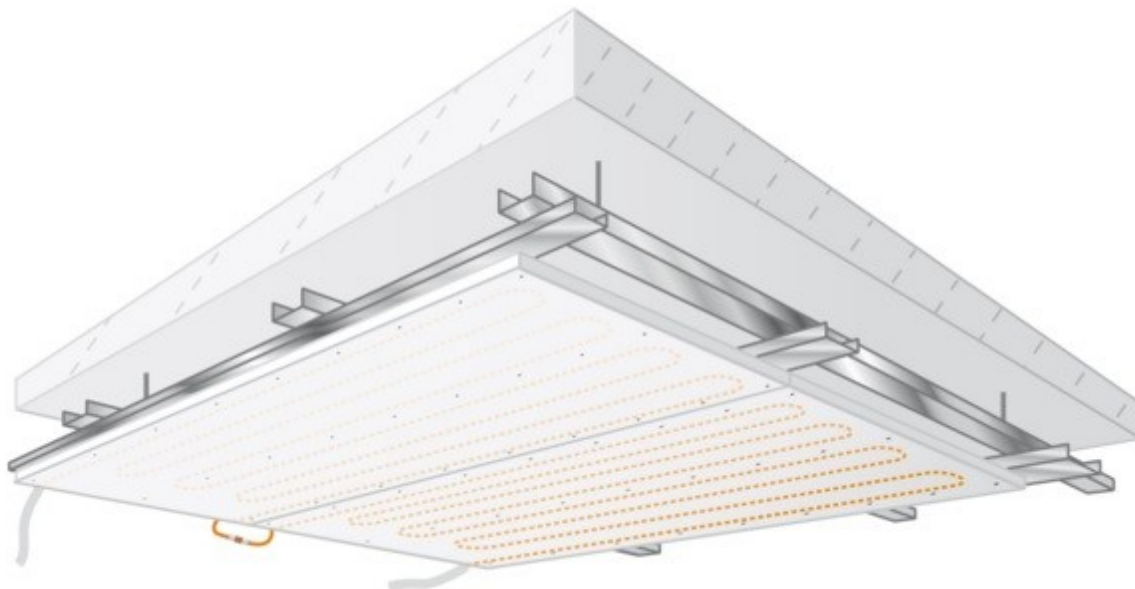


Obrázek 3.3 – uložení chladicího hadu v sádrokartonovém podhledu [8]



Potrubí jednotlivých panelů je možné libovolně napojovat, takže množství propojených panelů je omezeno pouze tlakovou ztrátou celého systému.

Instalace systému je téměř totožná s instalací klasických sádrokartonových podhledů s tím rozdílem, že kvůli obsahu vody v potrubí jsou aktivní panely těžší než obvyklý sádrokarton, a proto musí být připevněny na speciálním kovovém roštu s vyšší nosností, jehož výška většinou činí nejméně 75 mm [9] (obrázek 3.4).

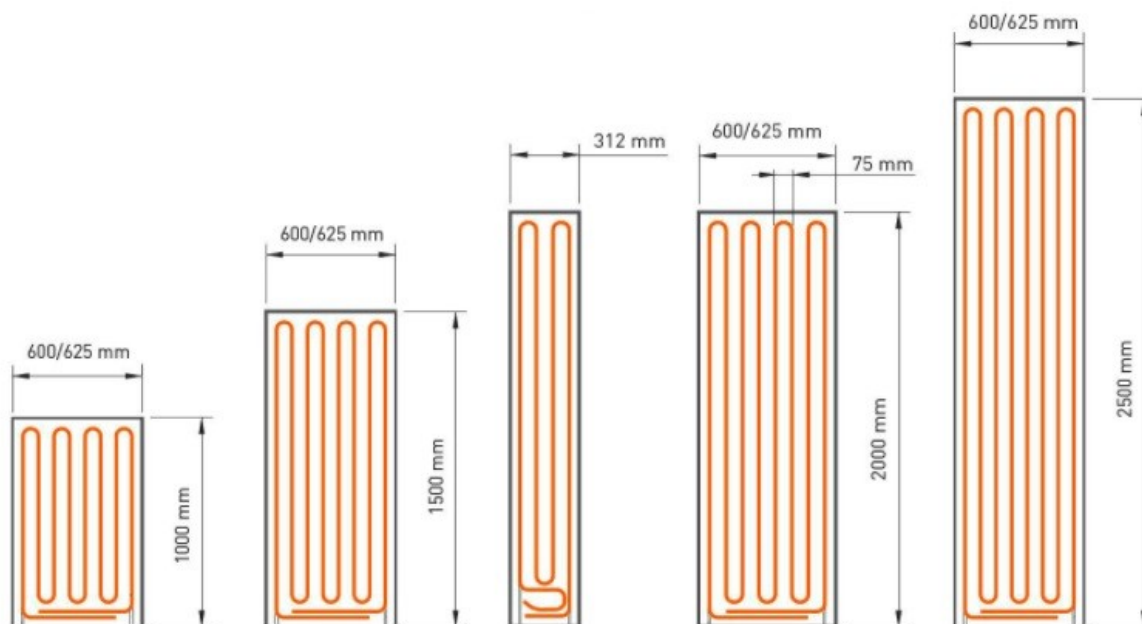


*Obrázek 3.4 – schéma instalace aktivních panelů na kovovém roštu [9]*

Nespornou výhodou je, že po instalaci není pro uživatele možné rozeznat aktivní stropní panel od běžného sádrokartonového podhledu, takže celý systém nijak nenarušuje estetický dojem z obytného prostoru.

V praxi většinou chladicí panely pokrývají okolo 60 až 80 % plochy stropu dané místnosti [6]. Zbylá plocha podhledu je tvořena běžným tzv. neaktivním sádrokartonem. Neaktivní plochy se nejčastěji nachází okolo stěn místnosti a rovněž v místech, kde je zapotřebí, aby stropním podhledem procházela jiná zařízení, jako například vzduchotechnické výústky nebo osvětlení.

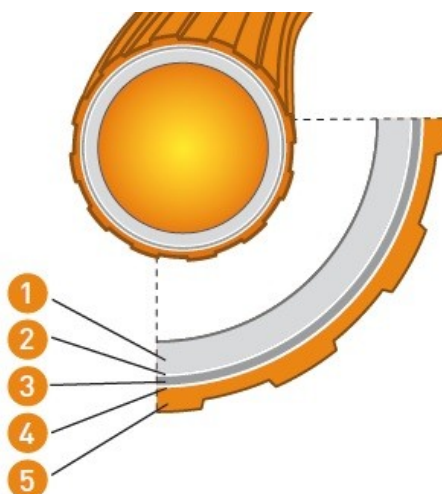
Firma Variotherm nabízí celou škálu velikostí chladicích panelů, což umožňuje instalovat chladicí sendvičové stropní konstrukce do místností rozmanitých rozměrů. Na obrázku 3.5 jsou zobrazeny rozměry aktivních panelů z firemní nabídky.



Obrázek 3.5 – panely z nabídky firmy Variotherm [9]

Vlastnosti jednotlivých panelů, které byly použity pro tvorbu chladicích stropů v objektu ve Vyškově, jsou uvedeny v tabulce 3.1.

Chladicí had v sendvičových panelech Variotherm je tvořen vrstvenými ohebnými hadicemi ze síťovaného polyethylenu Varioprofile pipe o průměru 16x2 mm s maximálním pracovním tlakem 10 bar. Podrobný popis průřezu pružné hadice je uveden na obrázku 3.6.



Obrázek 3.6 – řez pružnou hadicí Varioprofile pipe (1-polyethylen, 2-adhezivní vrstva, 3-laserem svařovaná hliníková trubka, 4-adhezivní vrstva, 5-polyethylen) [9]

**Tabulka 3.1 – charakteristika chladicích stropních panelů použitých v polyfunkčním objektu ve Vyškově**

PANELY SYSTÉMU STROPNÍHO VYTÁPĚNÍ/CHLAZENÍ VARIOTHERM							
rozměry panelu		panel 1	panel 2	panel 3	panel 4	panel 5	
$A_p$	[m]	0,6	0,6	0,6	0,312	0,6	šířka panelu
$B_p$	[m]	1	1,5	2	2	2,5	délka panelu
charakteristika							
$S_p$	[m <sup>2</sup> ]	0,6	0,9	1,2	0,624	1,5	plocha panelu
$l$	[m]	0,075	0,075	0,075	0,075	0,075	rozteč trubek
$R$	[m]	0,0375	0,0375	0,0375	0,0375	0,0375	poloměr zahnutí hadice
$n$	[-]	8	8	8	4	8	počet řad trubek hadu
$l_{rov}$	[m]	0,925	1,425	1,925	1,925	2,425	délka rovného 1 úseku hadu
$l_{napojení}$	[m]	0,15531	0,15531	0,15531	0,15531	0,15531	délka napojovací části hadice
$L_p$	[m]	8,46	12,46	16,46	15,99	20,46	délka hadu na jednom panelu
potrubí							
$d_h$	[m]	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	hydraulický průměr
$d_e$	[m]	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	vnější průměr
$\lambda_{potrubí}$	[W/m.K]	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	souč. vedení tepla stěnou
$k$	[mm]	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	drsnost potrubí
$\epsilon$	[-]	0,00083	0,00083	0,00083	0,00083	0,00083	absolutní drsnost potrubí
součinitel místní ztráty panelu							
$\xi_{180^\circ}$	[-]	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	souč. místního odp. 180°zahnutí hadice
$\Sigma \xi$	[-]	17,47	17,47	17,47	7,49	17,47	suma souč. místních odporů panelu
materiál panelu							
$\lambda_{panel}$	[W/m.K]	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	souč. vedení tepla panelem
$c_{panel}$	[J/kg.K]	1100	1100	1100	1100	1100	měrná tepelná kapacita panelu
$\delta_{panel}$	[m]	0,027	0,027	0,027	0,027	0,027	tloušťka panelu
$s_i$	[m]	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011	tloušťka vrstvy mat. panelu pod trubkami (od osy trubek)

### 3.2 Výpočet chladicího stropu

Výpočet chladicího stropu obsahuje několik hlavních kroků. Prvním krokem je výpočet tepelné zátěže daného klimatizovaného prostoru (kapitola 2). Snahou je co nejvíce snížit tepelné zisky daného prostoru, protože chladicí stropy, zejména pak stropy tvořené sendvičovými panely, mají velmi malý měrný chladicí výkon, obvykle okolo 30 až 50 W/m<sup>2</sup>.

Dalším krokem je volba druhů panelů a výpočet celkového chladicího výkonu stropu.

Následně je nutné zkontrolovat možný vznik kondenzace a určit tlakovou ztrátu chladicího hadu ve stropní konstrukci.

### 3.2.1 Informace o ukázkovém výpočtu

Pro ukázkový výpočet byla vybrána místnost číslo 2.05, která slouží jako obývací pokoj. Tepelná zátěž tohoto prostoru činí 805 W (tabulka 2.4).

Celková plocha stropu je 31,48 m<sup>2</sup>, požadovaná vnitřní teplota je 26 °C a výpočtová vlhkost vzduchu byla zvolena 50 %.

Z nabídky firmy Variotherm bylo nejprve nutné zvolit typ a počet panelů tak, aby aktivní chladicí konstrukce představovala co největší část z celkové plochy sádkartonového podhledu.

V místnosti 2.05 bylo zvoleno 32 panelů typu 2 (tabulka 3.1), o rozměrech 0,6 x 1,5 m. Celková chladicí plocha stropu je tedy 28,8 m<sup>2</sup>. Kvůli tlakové ztrátě nebylo možné propojit všech 32 panelů do jednoho okruhu, proto byly vytvořeny čtyři bloky po osmi propojených panelech (obrázek 3.7).

### 3.2.2 Ukázkový výpočet výkonu chladicího stropu

Celkový chladicí výkon stropu byl určen jako součet chladicích výkonů jednotlivých osmi panelových bloků (3.1). Nad stropní konstrukcí se nachází klimatizované místnosti se stejnou požadovanou vnitřní teplotou, navíc jsou aktivní panely z vrchní strany opatřeny tepelnou izolací, takže odpor vůči přestupu tepla směrem nahoru je tak velký, že je možné ztrátový chladicí výkon nebrat v úvahu.

$$\dot{Q}_{CH} = n \cdot \dot{Q}_{CH,i} \quad (3.1)$$

kde:  $n$ ...počet bloků [-]

$\dot{Q}_{CH,i}$ ...chladicí výkon  $i$ -panelových bloků [W], vypočítaný dle vztahu (3.2)

Chladicí výkon jednotlivých bloků byl určen podle vztahu (3.2).

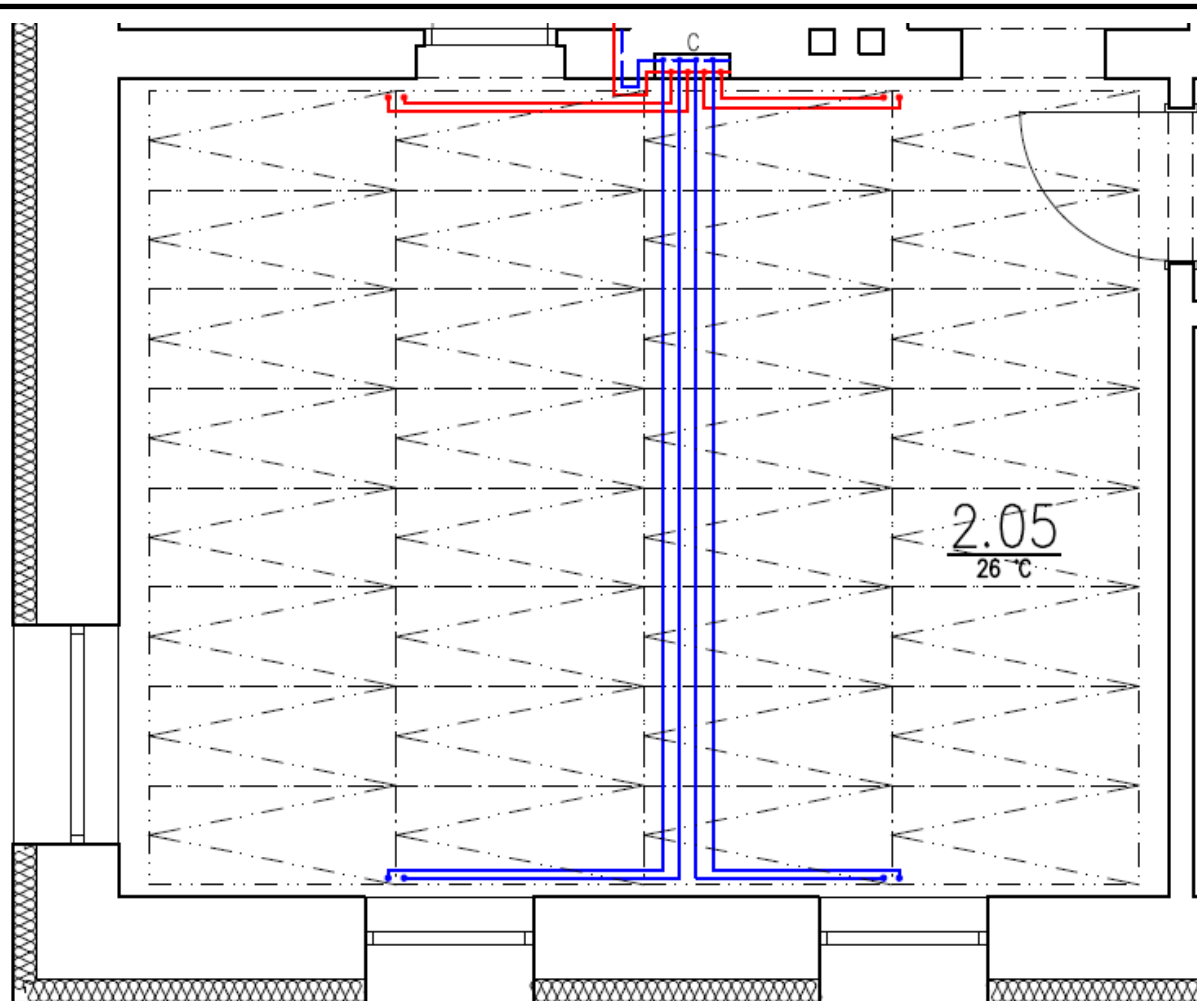
$$\dot{Q}_{CH,i} = \alpha_p \cdot S_{CH,i} \cdot (t_p - t_i) \quad (3.2)$$

kde:  $\alpha_p$ ...součinitel přestupu tepla konvekcí na straně do místnosti (tj. spodní straně podhledu) [W/m<sup>2</sup>·K]

$S_{CH,i}$ ...chladicí plocha  $i$ -tého počtu propojených panelů [m<sup>2</sup>]

$t_p$ ...teplota povrchu podhledu na straně do místnosti [°C]

$t_i$ ...požadovaná vnitřní teplota klimatizovaného prostoru [°C]



Obrázek 3.7 – rozložení chladicích panelů v místnosti 2.05

Jelikož se v případě chlazení chladicím stropem jedná o stejný směr toku tepla jako v případě vytápění podlahovým otopným systémem, byl součinitel přestupu tepla konvekcí na straně do místnosti počítán stejně jako při výpočtu podlahového vytápění, tedy roven  $10,8 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ . Teplota povrchu podhledu byla zvolena  $23 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Dosazení do rovnice (3.2):

$$\dot{Q}_{CH,i} = 10,8 \cdot 7,2 \cdot (23 - 26) = -233,28 \text{ W}$$

Chladicí plocha propojených panelů  $S_{CH,i}$  byla v případě místnosti 2.05 vypočítána jako osminásobek plochy panelu typu 2.

Podle teploty povrchu a tepelně technických vlastností materiálů sendvičových panelů byla následně vypočítána střední teplota chladicího média, tedy v tomto případě chladicí vody.

První hodnotou potřebnou k určení střední teploty chladicí vody je tepelná propustnost vrstev pod trubkami chladicího hadu, která byla vypočítána podle vztahu (3.3).

$$\Lambda_a = \frac{1}{\left(\frac{1}{\alpha_p}\right) + \sum R_a} \quad (3.3)$$

kde:  $\Lambda_a$ ...součinitel tepelné propustnosti vrstev pod trubkami [ $\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$ ]

$\sum R_a$ ...suma odporů přestupu tepla vrstev pod osou trubek [ $\text{m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$ ], byla vypočtena stejně jako v rovnici (1.1)

Dosazení do rovnice (3.3) pro obývací pokoj 2.05:

$$\Lambda_a = \frac{1}{\left(\frac{1}{10,8}\right) + 0,034} = 7,88 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}}$$

Druhou hodnotou potřebnou k určení tepelně technických vlastností sendvičového stropního chladicího panelu je tepelná propustnost vrstev nad trubkami, která byla vypočítána dle vztahu (3.4).

$$\Lambda_b = \frac{1}{\left(\frac{1}{\alpha_{pb}}\right) + \sum R_b + R_{vzd}} \quad (3.4)$$

kde:  $\Lambda_b$ ...součinitel tepelné propustnosti vrstev nad trubkami [ $\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$ ]

$\alpha_{pb}$ ...součinitel přestupu tepla konvekci na vrchní straně [ $\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$ ], v tomto případě je roven  $8 \text{ W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$ .

$\sum R_b$ ...suma odporů přestupu tepla vrstev nad osou trubek [ $\text{m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$ ], byla vypočtena stejně jako v rovnici (1.1)

$R_{vzd}$ ...tepelný odpor nevětrané vzduchové mezery mezi stropní konstrukcí a podhledem [ $\text{m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$ ], byl vypočítán dle vztahu (3.5)

Tepelný odpor nevětrané vzduchové mezery byl určen dle rovnice (3.5).

$$R_{vzd} = \frac{s_{vzd}}{\lambda_{vzd}} \quad (3.5)$$

kde:  $s_{vzd}$ ...šířka vzduchové mezery [ $\text{m}$ ]

$\lambda_{vzd}$ ...ekvivalentní součinitel tepelné vodivosti vzduchové mezery [ $\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$ ]

Ekvivalentní součinitel tepelné vodivosti nevětrané vzduchové mezery byl určen dle vztahu (3.6) [6]. Výpočet tohoto součinitele závisí na tom, jestli je vzduchová mezera vzhledem k toku tepla orientovaná svisle nebo kolmo. Pokud je orientovaná kolmo, je rozlišován tepelný tok zdola nahoru a shora dolů.

V případě vzduchové mezery nad chladicím stropním podhledem se jedná o vodorovnou vzduchovou mezeru s tepelným tokem shora dolů.

$$\lambda_{vzd} = 4,04 \cdot s_{vzd} + 0,023 \quad (3.6)$$

Dosazení do rovnice (3.6):

$$\lambda_{vzd} = 4,04 \cdot 0,2 + 0,023 = 0,83 \frac{W}{m \cdot K}$$

Následně byla dosazením do rovnice (3.4) určena propustnost vrstev nad potrubím.

$$\Lambda_b = \frac{1}{\left(\frac{1}{8}\right) + 8 + 1,11} = 0,12 \frac{W}{m^2 \cdot K}$$

S pomocí hodnot tepelných propustností pod a nad osou trubek chladicího hadu byla, podobně jako u podlahového vytápění, vypočtena hodnota charakteristického čísla stropu (3.7).

$$m = \sqrt{\frac{2 \cdot (\Lambda_a + \Lambda_b)}{\pi^2 \cdot \lambda_a \cdot d_e}} \quad (3.7)$$

kde:  $\lambda_a$ ...součinitel tepelné vodivosti materiálu ve kterém jsou uloženy trubky chladicího hadu [W/m·K], v tomto případě se jedná o sádrokarton

$d_e$ ...vnější průměr potrubí chladicího hadu [m]

Dosazením do vztahu (3.7) bylo zjištěno charakteristické číslo chladicího podhledu.

$$m = \sqrt{\frac{2 \cdot (7,88 + 0,12)}{\pi^2 \cdot 0,32 \cdot 0,016}} = 17,79 \text{ m}^{-1}$$

Následně byla vypočítána podle rovnice (3.8) střední teplota chladicí vody.

$$t_m = t_i - \left[ \frac{\alpha_p \cdot (t_i - t_p) \cdot m \cdot \frac{l}{2}}{\Lambda_a \cdot \tanh\left(m \cdot \frac{l}{2}\right)} \right] \quad (3.8)$$

kde:  $m$ ...charakteristické číslo stropního podhledu [m<sup>-1</sup>]

$\alpha_p$ ...součinitel přestupu tepla konvekcí na straně do místnosti (tj. spodní straně podhledu) [W/m<sup>2</sup>·K]

$l$ ...rozteč potrubí chladicího hadu [m]

Dosazení do vztahu (3.8) pro místnost 2.05:

$$t_m = 26 - \left[ \frac{10,8 \cdot (26 - 23) \cdot 17,79 \cdot \frac{0,075}{2}}{7,88 \cdot \tanh\left(17,79 \cdot \frac{0,075}{2}\right)} \right] \doteq 21 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Nakonec byla dosazením do rovnice (3.1) získána hodnota chladicího výkonu pro místnost 2.05:

$$\dot{Q}_{CH} = 4 \cdot (-233,28) = -933,12 \text{ W}$$

### 3.2.3 Ukázkový výpočet hydrauliky chladicího stropu

Poté, co byl vypočítán chladicí výkon navržených panelů v místnosti, bylo nutné určit tlakovou ztrátu jednotlivých 8-panelových bloků, které jsou tvořeny na sebe napojenými panely typu 2.

Celková tlaková ztráta se rovná součtu tlakové ztráty třením a ztráty místními odpory (vztah 3.18).

Jako první byla určena tlaková ztráta místními odpory. Pro její výpočet bylo zapotřebí nejdříve zjistit následující hodnoty:

Nejprve byl určen součinitel místní ztráty  $180^\circ$  oblouku, tj. oblouku, který spojuje vždy dva rovné úseky chladicího hadu. Výpočet byl proveden dle vztahu (3.9).

$$\xi_{180^\circ} = \left[ 0,034083 + 0,744580769 \cdot \ln\left(\frac{R}{d_h}\right) \right] \cdot \sqrt{\left(\frac{180}{90}\right)^3} \quad (3.9)$$

kde:  $R$ ...poloměr zahnutí pružné hadice [m]

$d_h$ ...hydraulický průměr hadice chladicího hadu [m]

Dosazení do vztahu (3.9):

$$\xi_{180^\circ} = \left[ 0,034083 + 0,744580769 \cdot \ln\left(\frac{0,0375}{0,012}\right) \right] \cdot \sqrt{\left(\frac{180}{90}\right)^3} = 2,5$$

Celková suma součinitelů místních odporů pak byla určena vynásobením  $\xi_{180^\circ}$  počtem oblouků v bloku osmi propojených panelů.

Následně byla určena rychlost proudění vody v potrubí chladicího hadu podle rovnice (3.10).



$$w = \frac{\dot{m}}{\rho \cdot S_h} \quad (3.10)$$

kde:  $S_h$ ...hydraulický průřez potrubí chladicího hadu [ $m^2$ ]

$\dot{m}$ ...hmotnostní tok vody v potrubí chladicího hadu [ $kg/s$ ], určený podle vztahu (3.11)

$$\dot{m} = \frac{ABS(\dot{Q}_{CH,i})}{c_{H_2O} \cdot \Delta t} \quad (3.11)$$

kde:  $Q_{CH,i}$ ...chladicí výkon i-tého počtu panelů propojených do bloku [ $W$ ]

$c_{H_2O}$ ...měrná tepelná kapacita vody [ $J/kg \cdot K$ ]

$\Delta t$ ...zvolený teplotní spád [ $K$ ]

Teplotní spád se u stropních chladicích systémů volí velmi malý [5]. V tomto případě byl zvolen teplotní spád 2 K. Nízký teplotní spád umožňuje mimo jiné velmi rovnoměrné rozložení teploty chladicí vody na celé délce potrubí chladicího hadu.

Dosazením do vztahů (3.10) a (3.11) byly získány hodnoty hmotnostního průtoku a následně rychlosti proudění chladicí vody.

$$\dot{m} = \frac{ABS(-233,28)}{4180 \cdot 2} = 0,028 \frac{kg}{s}$$

$$w = \frac{0,028}{998,59 \cdot 11 \cdot 10^{-5}} \doteq 0,25 \frac{m}{s}$$

Ze znalostí výše uvedených veličin bylo možné spočítat tlakovou ztrátu místními odpory 8-panelového bloku podle vztahu (3.12).

$$\Delta p_m = \sum \xi \cdot \frac{w^2}{2} \cdot \rho \quad (3.12)$$

kde:  $\sum \xi$ ...suma součinitelů místních ztrát [-]

Dosazení do vztahu (3.12):

$$\Delta p_m = 34,94 \cdot \frac{0,25^2}{2} \cdot 998,59 = 1065,12 Pa$$

Poté byla vypočtena tlaková ztráta třením. K jejímu určení bylo nutné nejprve určit charakter proudění, absolutní drsnost potrubí, součinitel tření a měrnou tlakovou ztrátu třením.

Nejdřív byl určen charakter proudění pomocí Reynoldsova čísla, které bylo vypočteno dle vztahu (3.13).

$$Re = \frac{w \cdot d_h}{\nu} \quad (3.13)$$

kde:  $d_h$ ...hydraulický průměr potrubí [m]

$w$ ...rychlost proudění chladicí vody [m/s]

$\nu$ ...kinematická viskozita vody při teplotě  $t_m=21$  °C [m<sup>2</sup>/s]

Dosazení do vztahu (3.13):

$$Re = \frac{0,25 \cdot 0,012}{1,06 \cdot 10^{-6}} = 2,79 \cdot 10^3$$

Z výsledku Reynoldsova čísla vyplynulo, že se jedná o přechodovou oblast proudění, a tedy součinitel tření musel být vypočítán iterační metodou podle Colebrookovy rovnice (3.14) [10], pomocí funkce řešitel v programu Microsoft Excel.

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \cdot \log \left( \frac{2,51}{Re \cdot \sqrt{\lambda}} + \frac{\varepsilon}{3,72} \right) \quad (3.14)$$

kde:  $\lambda$ ...součinitel tření [-]

$\varepsilon$ ...absolutní drsnost potrubí [-], vypočítaná dle vztahu (3.15)

$$\varepsilon = \frac{k}{d_h} \quad (3.15)$$

kde:  $k$ ...drsnost potrubí [mm]

$d_h$ ...hydraulický průměr potrubí [mm]

Hodnoty drsnosti a absolutní drsnosti potrubí chladicího hadu jsou uvedeny v tabulce 3.1.

Po provedení iterace byla zjištěna hodnota součinitele tření  $\lambda=0,04521$ .

Poté byla určena měrná tlaková ztráta třením podle vztahu (3.16).

$$R = \frac{\lambda}{d_h} \cdot \frac{w^2}{2} \cdot \rho \quad (3.16)$$

kde:  $R$ ...měrná tlaková ztráta třením [Pa/m]

Dosazení do vztahu (3.16):

$$R = \frac{0,04521}{0,012} \cdot \frac{0,25^2}{2} \cdot 998,59 = 114,83 \frac{Pa}{m}$$

Následně byla určena délka potrubí chladicího hadu v celém 8-panelovém bloku, která je dána součtem délek rovných úseků meandru, délky jeho oblouků a délky jednotlivých napojení. Výsledná délka vyšla  $l_p=99,68$  m. Hodnoty délek jednotlivých úseků jsou uvedeny v tabulce 3.1.

Tlaková ztráta třením byla následně určena ze vztahu (3.17).

$$\Delta p_t = R \cdot l_p \quad (3.17)$$

kde:  $R$ ...měrná tlaková ztráta třením [Pa/m]

$l_p$ ...délka potrubí chladicího hadu [m]

Dosazení do rovnice (3.17):

$$\Delta p_t = 114,83 \cdot 99,68 = 11446,8 Pa$$

Nakonec byla spočítána celková tlaková ztráta osmi propojených panelů podle rovnice (3.18).

$$\Delta p_c = \Delta p_m + \Delta p_t \quad (3.18)$$

kde:  $\Delta p_m$ ...tlaková ztráta místními odpory [Pa]

$\Delta p_t$ ...tlaková ztráta třením [Pa]

Dosazení do vztahu (3.18):

$$\Delta p_c = 1065,12 + 11446,8 \doteq 12,51 kPa$$

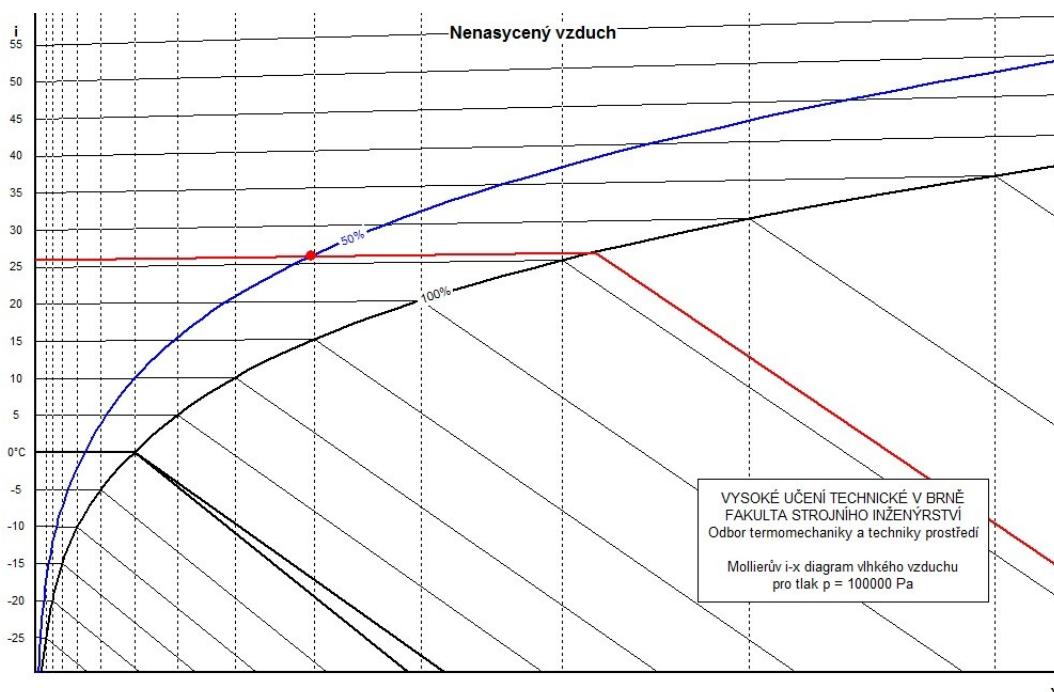
### 3.2.4 Kontrola vzniku kondenzace

Posledním problémem, který bylo třeba vyřešit při dimenzování chladicího stropního podhledu, byla kondenzace. Tedy systém musel být navržen tak, aby v žádné z jeho částí nemohlo dojít ke kondenzaci. Z tohoto pohledu je nejnebezpečnějším místem přívodní část potrubí do chladicího hadu, kde je teplota chladicí vody nejnižší. Problematikou monitoringu kontroly vzniku kondenzace se více zabývá kapitola 3.8.1.

Nejprve byl určen rosný bod stavu vzduchu v klimatizované místnosti. K jeho přesnému určení byl použit program Vlhký vzduch. V tabulce 3.2 jsou uvedeny údaje o stavu vnitřního vzduchu. Obrázek 3.8 zobrazuje stav vnitřního vzduchu v h-x diagramu.

Tabulka 3.2 – údaje o stavu vzduchu v místnosti 2.05

CHARAKTERISTIKA MÍSTNOSTI			
číslo místnosti	2.05 - obývací pokoj		
požadovaná vnitřní teplota	$t_i$	[°C]	26
relativní vlhkost vzduchu	$\varphi_i$	[%]	50
teplota rosného bodu	$t_R$	[°C]	<b>14,79</b>



Obrázek 3.8 – stav vnitřního vzduchu v místnosti 2.05

Teplota na vnější stěně přívodní trubky do chladicího hadu byla spočtena dle rovnice (3.19). Výpočet byl proveden pouze orientačně a byl zaveden předpoklad, že teplota vstupní vody je totožná s teplotou na vnitřním povrchu trubky. Výpočet byl následně proveden jako prostup tepla válcovou stěnou.

$$t_{min} = \frac{ABS(\dot{q}_{CH,i}) \cdot \left( \frac{1}{2 \cdot \lambda_{potrubí}} \right) \cdot \ln \left( \frac{d_e}{d_h} \right)}{\pi} + t_{in} \quad (3.19)$$

kde:  $\lambda_{potrubí}$ ...součinitel tepelné vodivosti stěny hadice Varioprofile pipe [W/m·K], podle prospektů dodavatele [9] je  $\lambda_{potrubí}=0,45$  W/m·K

$d_e$ ...vnější průměr potrubí [m]

$d_h$ ...hydraulický průměr potrubí [m]

$t_{in}$ ...teplota chladicí vody na vstupu do chladicího hadu [°C], vypočítaná dle vztahu (3.20)

$q_{CH,i}$ ...měrný chladicí výkon i-panelového bloku [W/m], určený podle rovnice (3.21)

$$t_{in} = t_m - \left(\frac{\Delta t}{2}\right) \quad (3.20)$$

kde:  $t_m$ ...střední teplota chladicí vody [°C]

$\Delta t$ ...zvolený teplotní spád chladicího hadu [K]

Dosazení do vztahu (3.20):

$$t_{in} = 21 - \left(\frac{2}{2}\right) = 20 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Měrný chladicí výkon byl spočítán dle vztahu (3.21).

$$\dot{q}_{CH,i} = \frac{\dot{Q}_{CH,i}}{l_p} \quad (3.21)$$

Po dosazení:

$$\dot{q}_{CH,i} = \frac{-233,28}{99,68} \doteq -2,34 \frac{W}{m}$$

Dosazením do vztahu (3.19) byla získána hodnota nejnižší teploty na stěně trubky, tedy v nejkritičtějších místě celého systému z hlediska kondenzace.

$$t_{min} = \frac{2,34 \cdot \left(\frac{1}{2 \cdot 0,45}\right) \cdot \ln\left(\frac{0,016}{0,012}\right)}{\pi} + 20 = 20,24 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Aby nedošlo ke kondenzaci, musí platit, že  $t_{min} > t_R$ , tedy teplota na stěně přívodní trubky musí být vyšší než teplota rosného bodu.

$$t_{min} > t_R \rightarrow 20,24 > 14,79 \quad (3.22)$$

Z nerovnice (3.22) vychází, že teplota na povrchu vstupní trubky je vyšší než teplota rosného bodu, takže by nemělo docházet ke kondenzaci. Tento výpočet však platí pouze pro ideální výpočtový stav. V praxi se s každou změnou vlhkosti, nebo zakolísáním teploty či tlaku teplota rosného bodu posouvá. Z tohoto důvodu je

---

u stropního chlazení velmi důležitá správná regulace podle rosného bodu (kapitola 3.8.1).

### 3.3 Systém vodou chlazených fan coil jednotek

Pro chlazení zubařských ordinací nacházejících se v prvním nadzemním patře (kapitola 1.2) byly zvoleny podstropní, vodou chlazené fan coil jednotky typu Prisma 512 PH od firmy Eurapo (obrázek 3.9).



*Obrázek 3.9 – fan coil jednotka Prisma 512 PH [11]*

Jedná se o obdobu běžnějších splitovacích fan coil systémů s tím rozdílem, že v tomto případě nejsou fan coily chlazeny chladičem, ale vodou, a jsou napojeny na stejný zdroj chladu jako chladičí stropy.

Charakteristika jednotky Prisma 512 PH je uvedena v tabulce 3.3.

V ordinacích 1.11 a 1.13 byla spočtena tepelná zátěž 1210 W a 1385 W (tabulka 2.4). Z tabulky (tabulka 3.3) vyplývá, že chladičí výkon jednotky Prisma je plně dostačující k pokrytí teplených zisků zubařských ordinací.

V zimním období je možné fan coil jednotkami také přitápět.

Během chlazení dochází ke vzniku kondenzátu uvnitř fan coil jednotky. Kondenzát bude odváděn odvodem kondenzátu napojeným na odpadní systém budovy.

Tabulka 3.3 – charakteristika jednotky Prisma 512 PH [11]

zařízení:	vodou chlazená fan coil jednotka		
označení:	Prisma 512 PH		
firma	Eurapo		
chlazení:			
max. chladicí výkon	Q <sub>CH,max</sub>	[kW]	1,98
průtok vody	V	[l/h]	341
tl. ztráta jednotky	Δp <sub>z</sub>	[Pa]	9600
teplotní spád vody	Δt	[°C]	7/12
teplota výstupního vzduchu	t <sub>vzd</sub>	[°C]	19
obsah vody v jednotce (2-trubka)	V <sub>w</sub>	[l]	0,79
přípojky vody	DN	[mm]	15
topení:			
max. topný výkon	Q <sub>T,max</sub>	[kW]	2,05
průtok vody	V	[l/h]	394
tl. ztráta jednotky	Δp <sub>z</sub>	[Pa]	10800
teplotní spád vody	Δt	[°C]	45/40
průtok vzduchu	V <sub>vzd</sub>	[m <sup>3</sup> /h]	456

### 3.4 Zdroj a akumulace chladu

#### 3.4.1 Zdroj chladu

Jako zdroj chladu pro soustavu s chladicími stropy a vodou chlazenými fan coil jednotkami bylo zvoleno tepelné čerpadlo typu vzduch-voda Dimplex LA 18S.

Princip funkce tepelného čerpadla vzduch-voda je následující:

Při topném režimu je okolní vzduch nasáván ventilátorem a veden přes výparník (tj. výměník tepla), kde je ochlazen. Teplo odebrané vzduchu ve výparníku je přeneseno na pracovní médium, tedy chladivo ve výparníku. Následně se zvýší teplota chladiva za pomoci stlačení kompresorem. Nakonec je teplo z chladiva přeneseno do topné vody v kondenzátoru (tj. výměníku tepla) [12].

V případě chladicího režimu se prohodí funkce výparníku a kondenzátoru. Chladicí voda ohřátá teplem odebraným z klimatizovaných prostor přenesou své teplo na chladivo v kondenzátoru, který v tomto případě funguje jako výparník. Chladivo je poté přivedeno na vyšší teplotu pomocí stlačení kompresorem a následně je z chladiva přeneseno do okolního vzduchu přes výparník, který v tomto případě funguje jako kondenzátor. Tento chod tepelného čerpadla se nazývá reverzní [12].

Zdroj byl vybrán podle toho, jaký chladicí a topný výkon je schopen poskytnout. Z výpočtů tepelných zisků a ztrát (kapitola 2) vyplývá, že je zapotřebí pokrýt celkový

tepelný zisk 6,905 kW a tepelnou ztrátu 7,850 kW. Charakteristické parametry vybraného tepelného čerpadla jsou uvedeny v tabulce 3.4.

Výhodou tepelného čerpadla Dimplex LA 18S je jeho kompaktní provedení (obrázek 3.10). To znamená, že celé zařízení je umístěno venku, takže nezabírá místo v technické místnosti, kde je umístěna pouze ovládací skříňka tepelného čerpadla.

Tabulka 3.4 – charakteristika tepelného čerpadla Dimplex [12]

TEPELNÉ ČERPADLO			
druh čerpadla	externí kompaktní reverzibilní čerpadlo		
typ čerpadla	vzduch voda		
název čerpadla	Dimplex LA 18S - TUR		
ochrana proti zamrznutí	reverzní cirkulace		
typ chladiva	R410 A		
hmotnost chladiva	[kg]	5,6	
maximální provozní tlak	[Mpa]	0,3	
minimální tok vzduchu	[m <sup>3</sup> /h]	3600	
TOPENÍ			
topný výkon	Q <sub>T,min</sub>		Q <sub>T,max</sub>
	[kW]		[kW]
	5,2		14
maximální teplota topné vody	t <sub>T,max</sub>	[°C]	60
minimální průtok topné vody	V <sub>T</sub>	[m <sup>3</sup> /h]	1,4
CHLAZENÍ			
chladicí výkon	Q <sub>CH,min</sub>		Q <sub>CH,max</sub>
	[kW]		[kW]
	-5,6		-12,3
výstupní teplota chladicí vody	[°C]	+7 až +20	
minimální průtok chladicí vody	V <sub>CH</sub>	[m <sup>3</sup> /h]	1,6
objem vody v jednotce	V	[l]	3,8
energetická třída	A++		
průměr připojení vody	G 1 1/4 "		DN 32 mm





*Obrázek 3.10 – reverzibilní tepelné čerpadlo vzduch-voda Dimplex LA 18S [12]*

#### **3.4.2 Akumulace chladu**

Pro akumulaci chladu byla zvolena akumulční nádrž TXE-ARZ od firmy Secespol (obrázek 3.11).

Jedná se o akumulční nádrž z pozinkované jakostní konstrukční oceli, izolovanou 20 mm silnou izolací PEXL, která uchovává chlad ve formě chladné vody [13].



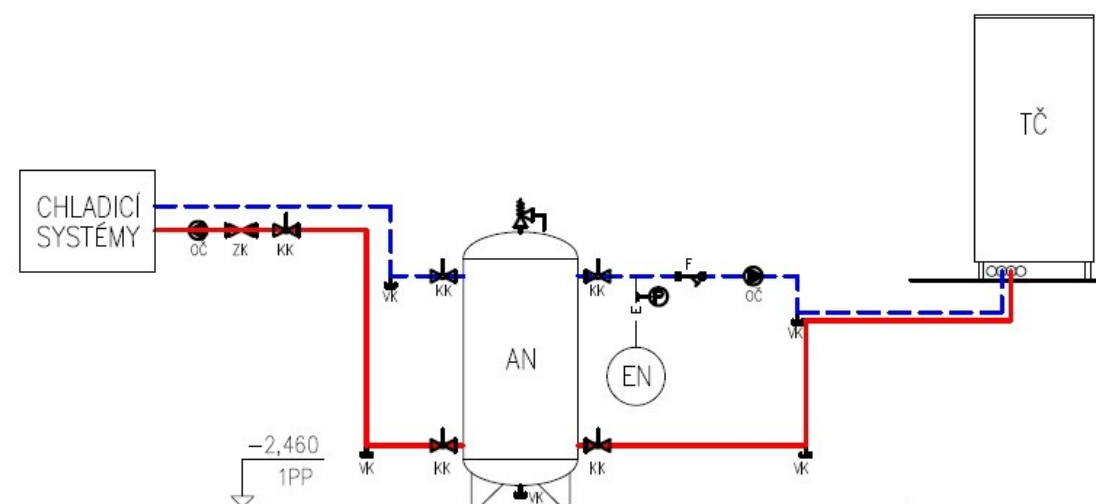
*Obrázek 3.11 – akumulční nádrž TXE-ARZ Secespol [13]*

Zvolená nádrž má objem 300 l, její výška je 1425 mm a vnější průměr je 600 mm. Nebylo možné vybrat nádrž o větším objemu, protože by nebyla možná její instalace v technické místnosti, vzhledem k výšce stropu a šířce dveří.

Funkce akumulční nádrže v chladicí soustavě bude následující:

Nádrž bude oddělovat okruh tepelného čerpadla a okruh chladicích zařízení. Okruh tepelného čerpadla bude odebírat vratnou chladicí vodu z akumulční nádrže, vychladí ji pomocí tepelného čerpadla (kapitola 3.4.1) a vychlazenou vodu vrátí zpátky do nádrže. Okruh chladicích zařízení vezme vychlazenou vodu z nádrže, následně dojde k jejímu ohřevu odebráním tepla z klimatizovaných prostor v chladicích zařízeních, a nakonec se ohřátá chladicí voda vrátí zpět do akumulční nádrže.

Zapojení akumulční nádrže je patrné z obrázku 3.12. Ohřátá chladicí voda je do tepelného čerpadla přiváděna z horní části akumulční nádrže, kdežto studená voda do chladicí soustavy je přiváděna ze spodní části nádrže. Důvodem je vyšší hustota studené vody, která se kvůli tomu drží u dna nádrže, naproti tomu teplá voda se drží v horní části.



Obrázek 3.12 – zapojení akumulční nádrže

## 3.5 Hydraulika chladicí soustavy

### 3.5.1 Potrubí

Potrubí okruhu tepelného čerpadla bude realizováno z mědi. Rozvody v okruhu chladicích zařízení od akumulční nádrže k fan coil jednotkám a rozdělovačům u chladicích stropů a zpět budou z měděného potrubí. Potrubí vedoucí od rozdělovačů k chladicím hadům jednotlivých stropních panelů budou realizovány, stejně tak jako samotné chladicí hady, z pružných hadic Varioprofile pipe (kapitola 3.1.2).

Dimenze Cu potrubí byly voleny tak, aby rychlost proudění vycházela mezi 0,2 a 0,7 m/s. Hydraulické průměry všech pružných hadic vedoucích od rozdělovačů k chladicím hadům jsou 12 mm.

Aby bylo zabráněno vzniku kondenzace na potrubí v kterémkoliv místě soustavy, budou všechna potrubí kromě chladicích hadů v chladicích panelech opatřena tepelnou izolací.

### 3.5.2 Hydraulický výpočet potrubní sítě

Hydraulický výpočet potrubní sítě byl proveden stejným postupem jako hydraulický výpočet hadu v chladicích panelech (kapitola 3.2.3).

Celá soustava byla rozdělena na jednotlivé úseky. Hranicemi každého úseku jsou změny průřezu, nebo změna hmotnostního průtoku chladicí vody. Na každém z úseků byl určen hmotnostní průtok vody a dále již bylo postupováno totožným způsobem jako v kapitole 3.2.3.

Jediným rozdílem bylo určování součinitelů místních odporů. U úseků tvořených měděným potrubím byly určeny součinitele místních ztrát podle tabulek [14]. V tabulce 3.5 jsou uvedeny součinitele místních ztrát některých armatur.

*Tabulka 3.5 – součinitele vřazených odporů armatur [14]*

Armatura	Součinitel místního odporu $\xi^{(1)}$ pro jmenovitou světlost armatury DN					
	$\leq 15$	20	25	32	40	$\geq 50$
Přímý ventil	14,0	12,0	10,0	10,0	12,0	12,0
Ventil se šikmým sedlem	6,0	5,0	4,0	4,0	4,0	4,0
Rohový ventil	16,0	14,0	--	--	--	--
Klínové šoupátko nebo kulový kohout	1,5	1,2	1,0	0,8	0,7	0,6
Zpětný ventil do svislého potrubí nebo zpětný ventil univerzální	12,0	10,0	8,0	8,0	4,3	3,8
Zpětný ventil do ležatého potrubí	30,0	20,0	20,0	16,0	16,0	16,0
Zpětná klapka	7,5	7,5	7,0	7,0	6,5	6,0
Lapač nečistot šikmý (filtr se sítí)	4,9	5,4	7,5	6,0	6,0	5,5
Navrtávací pas s uzávěrem	--	--	5,0	5,0	5,0	5,0
Sací koš	--	--	--	16,0	16,0	14,0

Podrobné výpočty hydrauliky všech úseků chladicí soustavy jsou uvedeny v příloze CD3.

### 3.5.3 Hydraulické zaregulování soustavy

Aby navržená chladicí zařízení zajišťovala požadovaný chladicí výkon, musí být tlakové ztráty okruhů přes jednotlivá zařízení stejné. V opačném případě by po spuštění chodu soustavy došlo k přirozenému vyrovnání tlaku v potrubí, což by zapříčinilo snížení, nebo úplné zamezení průtoku chladicí vody v úsecích, které jsou vzdálenější od zdroje. To by mělo za následek razantní snížení chladicího výkonu zařízení ležících na těchto úsecích.

Nejprve bylo nutné sečíst tlakové ztráty jednotlivých úseků, které tvoří daný okruh vedoucí od zdroje chladu, respektive akumulární nádoby, přes dané chladicí zařízení

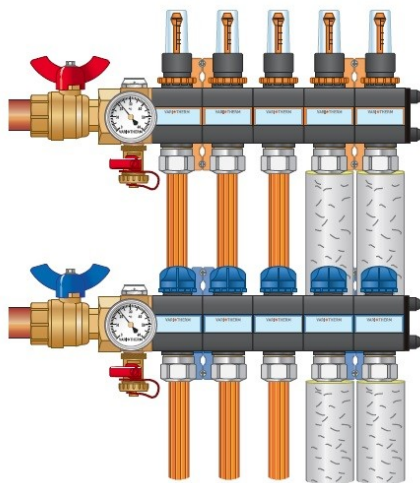
a zpět ke zdroji. V tabulce 3.6 je uveden výpočet tlakové ztráty okruhu jdoucího přes fan coil jednotku v zubařské ordinaci 1.11.

*Tabulka 3.6 – tlaková ztráta okruhu přes místnost 1.11*

TLAKOVÉ ZTRÁTY JEDNOTLIVÝCH OKRUHŮ			
okruh	úseky	tlakové ztráty úseků	tlaková ztráta okruhu
		$\Delta p_c$	$\Delta p_{okruh}$
		[kPa]	[kPa]
přes místnost 1.11 - fancoil	1	3,28	20,31
	2	2,62	
	3	9,89	
	3z	0,30	
	2z	2,66	
	1z	1,57	

Výše uvedeným způsobem byly určeny tlakové ztráty všech okruhů (příloha CD3). Následně byl vybrán okruh s největší tlakovou ztrátou. Ztráta tohoto okruhu je referenční hodnotou pro hydraulickou regulaci všech ostatních okruhů.

Samotné zaregulování jednotlivých okruhů spočívá v navýšení tlakové ztráty na regulační armatury. V případě chladicích stropních panelů jsou regulačními armaturami jednotlivé ventily rozdělovačů, resp. sběračů, na které jsou napojeny pružné hadice vedoucí k chladicím hadům. V tomto případě byly použity soustavy rozdělovač/sběrač od firmy Variotherm (obrázek 3.13).



*Obrázek 3.13 – soustava rozdělovač/sběrač Variotherm [9]*

Regulace na rozdělovačích probíhá prvotním nastavením uzavíracího ventilu pomocí speciálního klíče dříve, než je nasazen termoelektrický servopohon.[9].

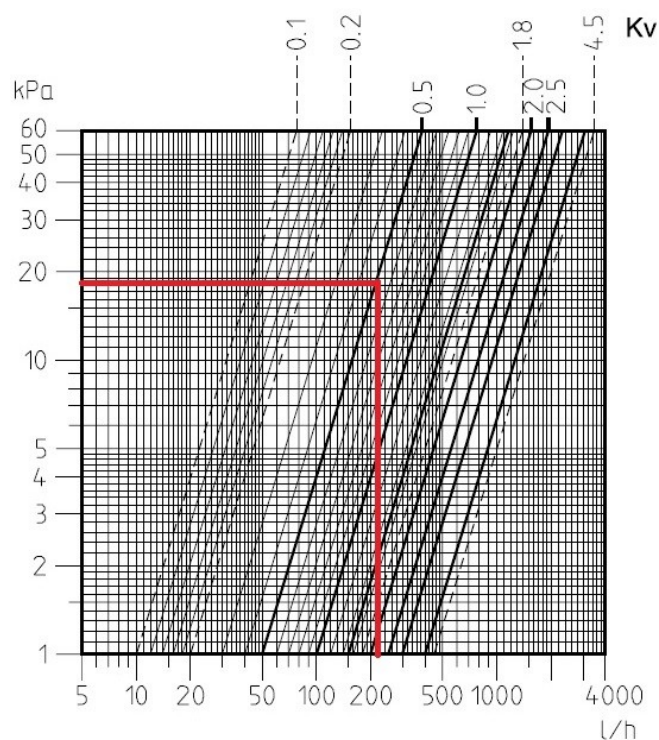
Hydraulické zaregulování okruhů s vodou chlazenými fan coil jednotkami bylo provedeno pomocí regulačního šroubení STK od firmy IMI hydraulic engineering (obrázek 3.14).



Obrázek 3.14 – regulační šroubení STK [15]

Zaregulování na regulačním šroubení spočívá v nastavení šroubení pomocí plastového nastavovacího klíče [15].

Na diagramu (obrázek 3.15) je vyznačeno zaregulování okruhu přes místnost 1.11.



Obrázek 3.15 – diagram závislosti tlakové ztráty STK na objemovém průtoku [15]

V tomto případě bylo použito regulační šroubení STK DN 15 mm, pro které platí na diagramu (obrázek 3.15) rozsah hodnot  $K_v$  od 0,1 po 1,8  $\text{m}^3/\text{h}$ .

V následující tabulce (tabulka 3.7) jsou uvedeny všechny hodnoty hydraulického zaregulování celé chladicí soustavy.

Tabulka 3.7 – regulace chladicí soustavy

REGULACE						
místnost	okruh	tlaková ztráta okruhu	regulační zařízení	průtok vody regulačním zařízením	navýšení tlakové ztráty	finální tlaková ztráta okruhu
		$\Delta p_{\text{okruh}}$		$m_w$	$\Delta p$	$\Delta p_{\text{okruh}}$
		[kPa]		[kg/h]	[kPa]	[kPa]
1.11	1	20,31	regulační šroubení STK	214,54	18,20	<b>38,51</b>
1.13	1	20,93	regulační šroubení STK	248,01	17,60	<b>38,53</b>
2.05	1	25,07	rozdělovač C	100,46	13,50	<b>38,57</b>
	2	25,10	rozdělovač C	100,46	13,50	<b>38,60</b>
	3	24,94	rozdělovač C	100,46	13,60	<b>38,54</b>
	4	24,97	rozdělovač C	100,46	13,60	<b>38,57</b>
2.06	1	25,99	rozdělovač B	125,57	12,60	<b>38,59</b>
	2	25,76	rozdělovač B	125,57	12,80	<b>38,56</b>
2.07	1	33,92	rozdělovač A	122,76	4,70	<b>38,62</b>
	2	33,87	rozdělovač A	122,76	4,70	<b>38,57</b>
3.04	1	22,37	rozdělovač F	100,46	16,20	<b>38,57</b>
	2	22,33	rozdělovač F	100,46	16,20	<b>38,53</b>
	3	21,97	rozdělovač F	100,46	16,60	<b>38,57</b>
3.05	1	17,88	rozdělovač E	94,18	20,70	<b>38,58</b>
	2	17,86	rozdělovač E	94,18	20,70	<b>38,56</b>
	3	17,54	rozdělovač E	94,18	21,00	<b>38,54</b>
3.08	1	36,99	rozdělovač G	150,68	1,60	<b>38,59</b>
	2	<b>37,06</b>	rozdělovač G	150,68	<b>1,50</b>	<b>38,56</b>
3.09	1	17,98	rozdělovač D	94,18	20,60	<b>38,58</b>
	2	17,96	rozdělovač D	94,18	20,60	<b>38,56</b>
	3	17,63	rozdělovač D	94,18	20,90	<b>38,53</b>

Červeně je v tabulce znázorněna referenční hodnota tlakové ztráty.

### 3.6 Expanzní a pojistná zařízení

#### 3.6.1 Expanzní nádoba

Při provozu chladicí soustavy, a zejména pak při jejím použití pro přitápění v zimním a přechodném období, dochází vlivem teplotní roztažnosti ke zvětšování objemu chladicí, resp. topné vody. Tento jev vede k nárůstu tlaku v soustavě, což může nenávratně poškodit její součásti. Aby k tomuto jevu nedošlo, zařazuje se do soustavy expanzní nádoba, která zajišťuje možnost expanze zvětšeného objemu vody, aniž by byla narušena funkce soustavy.

Při výpočtu expanzní nádoby bylo postupováno následovně:

Nejprve byl určen celkový objem vody v soustavě, který činí 556,68 l. Následně byla určena výška vodního sloupce, tj. rozdíl nejvýše a nejnižší položeného místa celé soustavy a maximální provozní přetlak vody v soustavě, což je nejnižší hodnota z maximálních provozních přetlaků jednotlivých prvků soustavy (příloha P4).

Hydrostatický absolutní tlak byl určen ze vztahu (3.23) [16].

$$p_{dA} = p_{atm} + (\rho \cdot h \cdot g) \quad (3.23)$$

kde:  $p_{atm}$ ...atmosférický tlak [Pa]

$h$ ...výška vodního sloupce [m]

$g$ ...tíhové zrychlení [ $m/s^2$ ]

Nejvyšší dovolený absolutní tlak byl spočítán podle rovnice (3.24) [16].

$$p_{hdovA} = p_{hdov} + p_{atm} \quad (3.24)$$

kde:  $p_{hdov}$ ...maximální dovolený přetlak vody v soustavě [Pa] je stejný, jako otevírací přetlak pojistného ventilu, tedy v tomto případě  $p_{hdov}=270$  kPa

Stupeň využití expanzní nádoby byl určen dle rovnice (3.25).

$$\eta = \frac{p_{hdovA} - p_{dA}}{p_{hdovA}} \quad (3.25)$$

kde:  $\eta$ ...stupeň využití expanzní nádoby [-]

Součinitel zvětšení objemu byl určen podle vztahu (3.26):

$$n = \frac{1000}{\rho_{t_{max}}} - \frac{1000}{\rho_{10^{\circ}C}} \quad (3.26)$$

kde:  $\rho_{t_{max}}$ ...hustota vody při maximální teplotě [ $kg/m^3$ ], v tomto případě je maximální teplota v systému  $50^{\circ}C$ , a to při nastavení systému na topný režim

$\rho_{10^{\circ}C}$ ...hustota vody při teplotě  $10^{\circ}C$  [ $kg/m^3$ ]

Návrhový objem expanzní nádoby byl určen podle rovnice (3.27) [16].

$$V_e = 1,3 \cdot V \cdot n \cdot \frac{1}{\eta} \quad (3.27)$$

kde:  $V$ ...objem vody v soustavě [l]

$n$ ...součinitel zvětšení objemu [-]

$\eta$ ...stupeň využití expanzní nádoby [-]

V následující tabulce (tabulka 3.7) jsou uvedeny výsledky návrhu expanzní nádoby.

*Tabulka 3.7 – návrh expanzní nádoby*

OBJEM EXPANZNÍ TLAKOVÉ NÁDOBY			
atmosférický tlak	$p_{\text{atm}}$	[kPa]	100,00
hustota vody $t=50\text{ °C}$	$\rho$	[kg/m <sup>3</sup> ]	988,24
výška vodního sloupce nad EN	$h$	[m]	11,60
maximální provozní přetlak v soustavě	$p_h$	[kPa]	300,00
hydrostatický absolutní tlak	$p_{\text{dA}}$	[kPa]	212,41
nejvyšší dovolený absolutní tlak	$p_{\text{hdovA}}$	[kPa]	370,00
stupěň využití EN	$\eta$	[-]	0,43
součinitel zvětšení objemu	$n$	[-]	0,0116
<b>objem EN</b>	<b><math>V_e</math></b>	<b>[l]</b>	<b>19,71</b>

Návrhový expanzní objem vyšel  $V_e=19,71\text{ l}$ . Následně byla vybrána expanzní nádoba o nejbližší vyšší normalizované hodnotě objemu. Zvolenou expanzní nádobou je tlaková membránová expanzní nádoba Reflex NG 25 o objemu 25 l a maximálním provozním tlaku 6 bar (obrázek 3.16).



*Obrázek 3.16 – expanzní nádoba Reflex NG 25 [17]*



### 3.6.2 Pojistné potrubí a pojistný ventil

Pojistný ventil má podobnou funkci jako expanzní nádoba s tím rozdílem, že pojistný ventil je posledním ochranným prvkem soustavy. Pokud přesáhne tlak vody v soustavě prahovou hodnotu tlaku (tzv. otevírací přetlak pojistného ventilu), ventil se sám otevře a část vody vyteče ven. Tím se tlak v soustavě znovu sníží a ventil se opět zavře.

Pro návrh pojistného ventilu bylo nejprve nutné spočítat dimenzi pojistného potrubí.

Pojistný výkon byl zvolen stejný jako maximální výkon zdroje chladu, resp. tepla, tedy 14 kW.

Minimální DN pojistného potrubí bylo vypočteno podle rovnice (3.28).

$$d_{hmin} = 10 + 0,6 \cdot \sqrt{P_o} \quad (3.28)$$

kde:  $d_{hmin}$ ...minimální hydraulický průměr pojistného potrubí [mm]

$P_o$ ...pojistný výkon [kW]

Dosazení do vztahu (3.28):

$$d_{hmin} = 10 + 0,6 \cdot \sqrt{14} = 12,24 \text{ mm}$$

Podle minimálního průměru byl následně určen skutečný průměr pojistného potrubí (tabulka 3.8).

Tabulka 3.8 – výpočet pojistného potrubí

POJISTNÉ POTRUBÍ			
maximální výkon zdroje	P	[kW]	14
pojistný výkon	$P_o$	[kW]	14
minimální DN pojistného potrubí	$d_h$	[mm]	12,24
navržené DN pojistného potrubí	DN	[mm]	15
	DN	["]	1/2

Po návrhu pojistného potrubí byl navržen pojistný ventil. Otevírací tlak pojistného ventilu musí být nižší než je nejnižší hodnota ze všech maximálních pracovních přetlaků jednotlivých částí soustavy.

V tomto případě je nejnižší hodnotou maximální pracovní přetlak 300 kPa. Otevírací tlak byl tedy zvolen 270 kPa.

Následně byl dle jmenovité světlosti pojistného potrubí (tabulka 3.8) a vybraného výrobce (v tomto případě GIACOMNINI) zvolen výtokový součinitel  $\alpha_w$  [18] (tabulka 3.9).

Návrhový minimální průřez sedla pojistného ventilu byl vypočítán podle rovnice (3.29).

$$S'_o = \frac{2 \cdot P_o}{\alpha_w \cdot \sqrt{p_{ot}}} \quad (3.29)$$

kde:  $P_o$ ...pojisný výkon [W]

$p_{ot}$ ...otevírací tlak pojistného ventilu [Pa]

Nakonec byl podle návrhového minimálního průřezu sedla určen skutečný průřez sedla pojistného ventilu podle výrobce [18]. Všechny hodnoty návrhu pojistného ventilu GIACOMINI jsou uvedeny v následující tabulce (tabulka 3.9).

*Tabulka 3.9 – návrh pojistného ventilu Giacomini*

<b>POJISTNÝ VENTIL Giacomini</b>			
otevírací přetlak pojistného ventilu	$p_{ot}$	[kPa]	270
výtokový součinitel	$\alpha_w$	[-]	0,64
návrhový minimální průřez sedla pojistného ventilu	$S'_o$	[mm <sup>2</sup> ]	84,20
<b>skutečný průřez sedla pojistného ventilu</b>	<b><math>S_o</math></b>	<b>[mm<sup>2</sup>]</b>	<b>201</b>

### 3.7 Oběhová čerpadla

V systému jsou dvě oběhová čerpadla. Jedno čerpadlo se nachází v okruhu chladicích zařízení, druhé je v okruhu tepelného čerpadla.

#### 3.7.1 Oběhové čerpadlo okruhu chladicích zařízení

Pro volbu oběhového čerpadla byl použit návrhový program společnosti Grundfos. Čerpadlo bylo zvoleno na základě objemového průtoku vody a požadované dopravní výšky čerpadla.

Objemový průtok vody byl spočítán podle vztahu (3.30).

$$\dot{V} = \frac{\dot{m}}{\rho} \quad (3.30)$$

kde:  $\dot{V}$ ...objemový průtok vody [m<sup>3</sup>/h]

$\dot{m}$ ...hmotnostní průtok vody [kg/h]

---

$\rho$ ...hustota vody [ $\text{kg/m}^3$ ]

Požadovaná dopravní výška čerpadla byla určena podle rovnice (3.31).

$$H = \frac{\Delta p_c}{g \cdot \rho} \quad (3.31)$$

kde:  $H$ ...požadovaná dopravní výška čerpadla [m]

$\Delta p_c$ ... tlaková ztráta systému [Pa]

$g$ ...tíhové zrychlení [ $\text{m/s}^2$ ]

V tabulce 3.10 jsou uvedeny hodnoty použité pro návrh oběhového čerpadla.

*Tabulka 3.10 – hodnoty pro návrh oběhového čerpadla*

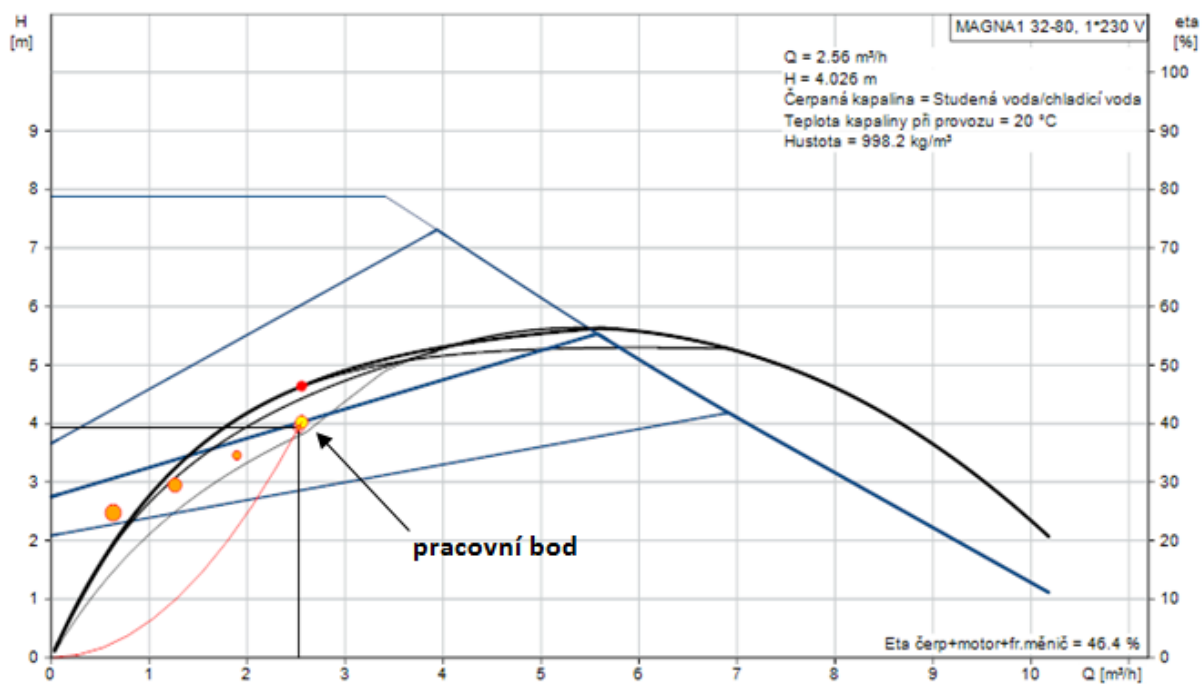
objemový průtok vody	tlaková ztráta systému	dopravní výška čerpadla
$V$	$\Delta p_c$	$H$
$[\text{m}^3/\text{h}]$	[Pa]	[m]
2,53	38558,35	3,93

Podle návrhového programu bylo zvoleno čerpadlo Grundfos MAGNA1 32-80 (obrázek 3.17).



*Obrázek 3.17 – oběhové čerpadlo MAGNA 32-80 [19]*

Charakteristika zvoleného čerpadla s vyznačeným pracovním bodem je na obrázku (obrázek 3.18).



Obrázek 3.18 – charakteristika čerpadla MAGNA 32-80 [19]

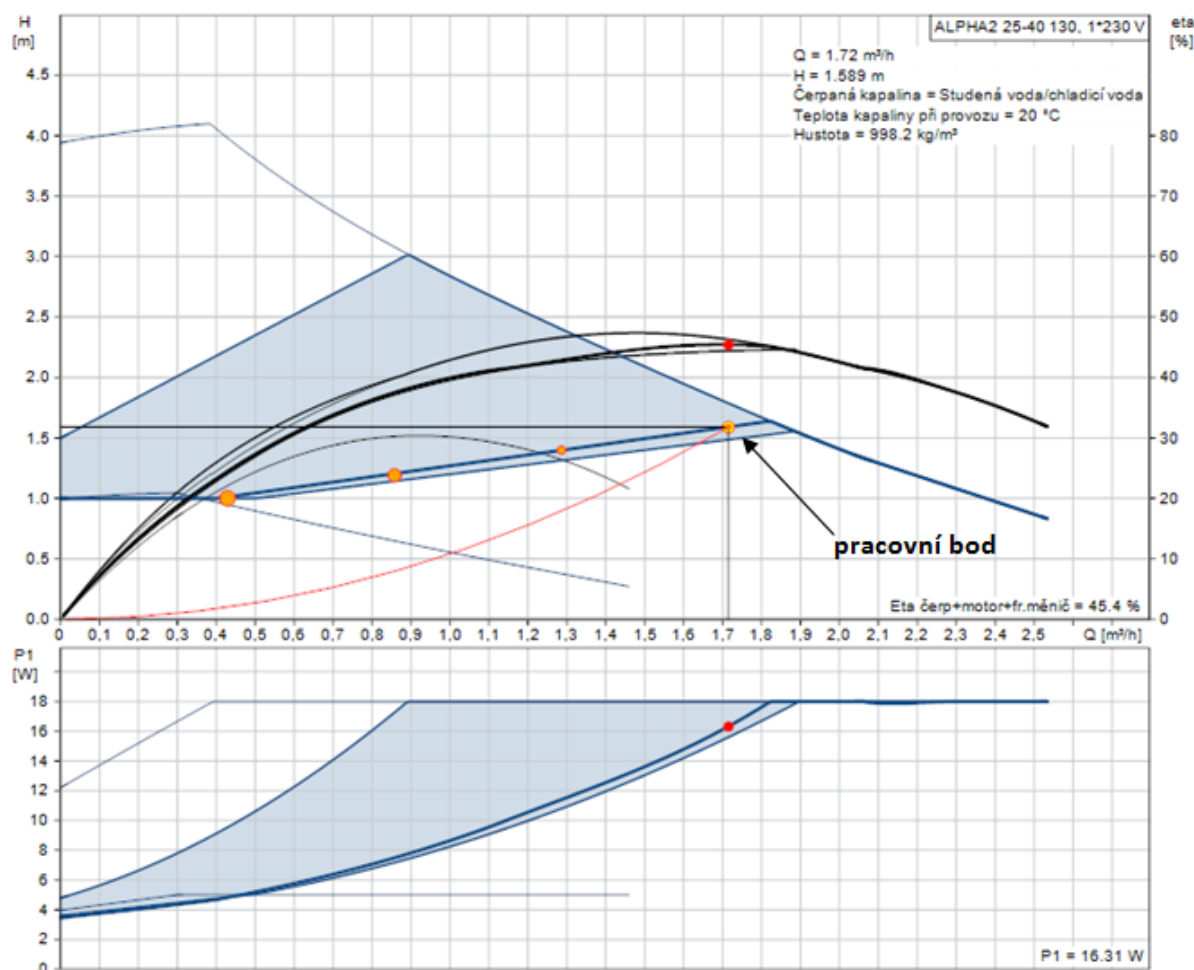
### 3.7.2 Oběhové čerpadlo v okruhu tepelného čerpadla

Postup návrhu oběhového čerpadla v okruhu tepelného čerpadla je stejný jako v kapitole 3.7.1). V tabulce 3.11 jsou uvedeny veličiny nutné ke zvolení adekvátního oběhového čerpadla.

Pro tento okruh bylo zvoleno čerpadlo Grundfos ALPHA2 25-40 130, jehož charakteristika je na obrázku 3.19.

Tabulka 3.11 – hodnoty pro návrh oběhového čerpadla

objemový průtok vody	tlaková ztráta systému	dopravní výška čerpadla
V	$\Delta p_c$	H
[m³/h]	[Pa]	[m]
1,72	15596,65	1,59



Obrázek 3.19 – charakteristika čerpadla ALPHA2 25-40 130 [19]

### 3.8 Regulace

Tepelné čerpadlo bude regulováno pomocí řídicí jednotky tepelného čerpadla. Řídicí jednotka reguluje chod tepelného čerpadla na základě informací z čidla venkovní teploty a informací o teplotě chladicí, resp. topné vody v akumulační nádrži. Pokud je například chladicí voda v nádrži dostatečně nachlazená, tepelné čerpadlo se vypne, nebo může být využito například pro ohřev TUV.

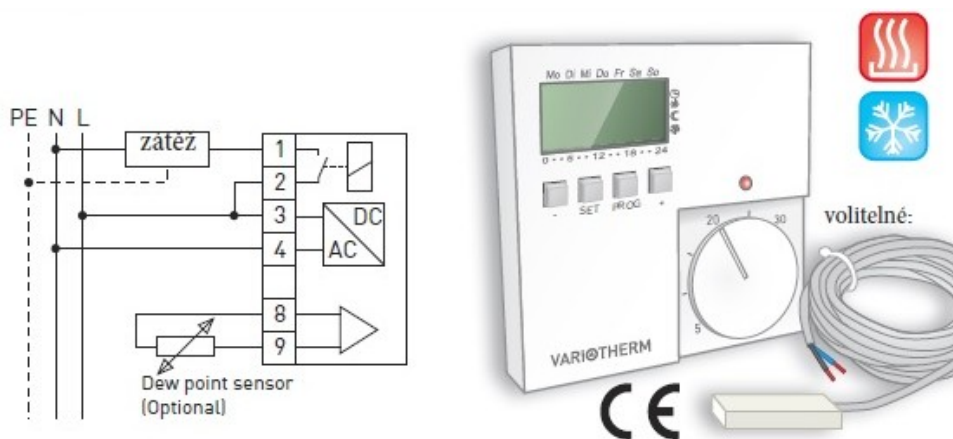
Jednotlivá chladicí zařízení pracují s rozdílnými teplotními spády. Z tohoto důvodu jsou do příslušných větví instalovány trojcestné směšovací armatury, které na základě informací o teplotě přírodní vody z čidel teploty míchají přírodní vodu a vodu ze zpátečky tak, aby bylo dosaženo požadovaného teplotního spádu. Jemnější odchylky teploty jsou řešeny například pomocí termoelektrických ventilů na rozdělovačích.

Dalšími prvky regulace jsou pak systémy popsané v následujících kapitolách (kapitoly 3.8.1. a 3.8.2)

### 3.8.1 Regulace stropního chlazení

Regulace stropního chlazení probíhá výhradně na straně vody.

Hlavním regulačním prvkem modulového stropního chlazení je pokojový elektronický termostat s hodinami Piano HK(T) od firmy Variotherm (obrázek 3.20). Termostat bude umístěn v každé místnosti vybavené stropním chlazením. Přijímá informace z čidla teploty umístěného přímo v termostatu a čidla rosného bodu umístěného na povrchu přívodní trubky chladicího hadu. Detail umístění čidla rosného bodu je patrný z obrázku (obrázek 3.21).

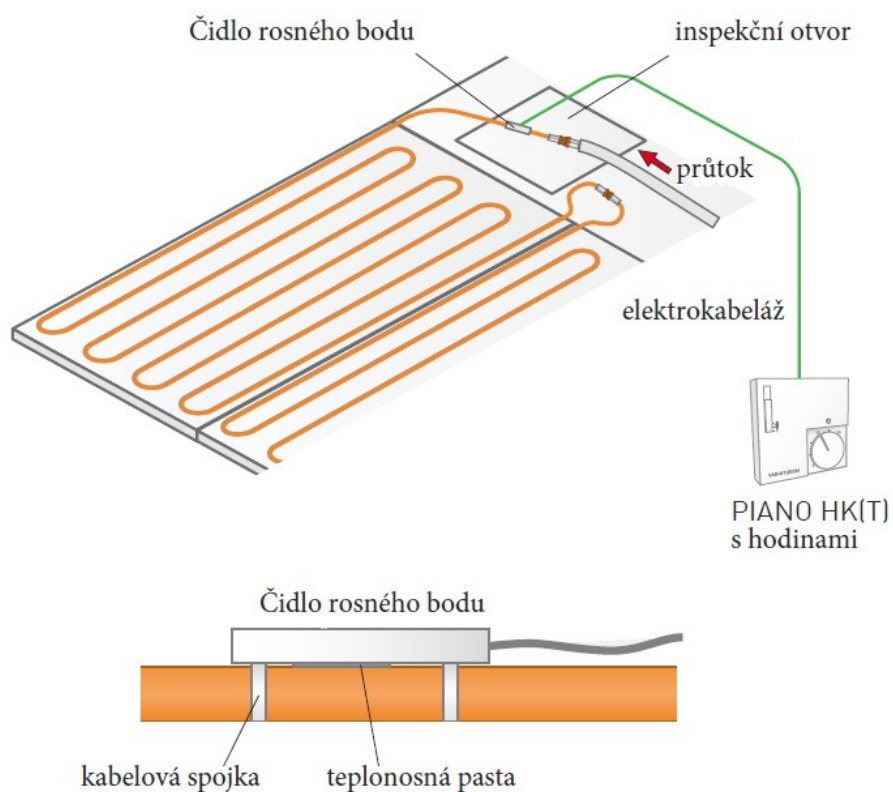


Obrázek 3.20 – pokojový termostat Piano HK(T) RT43 [9]

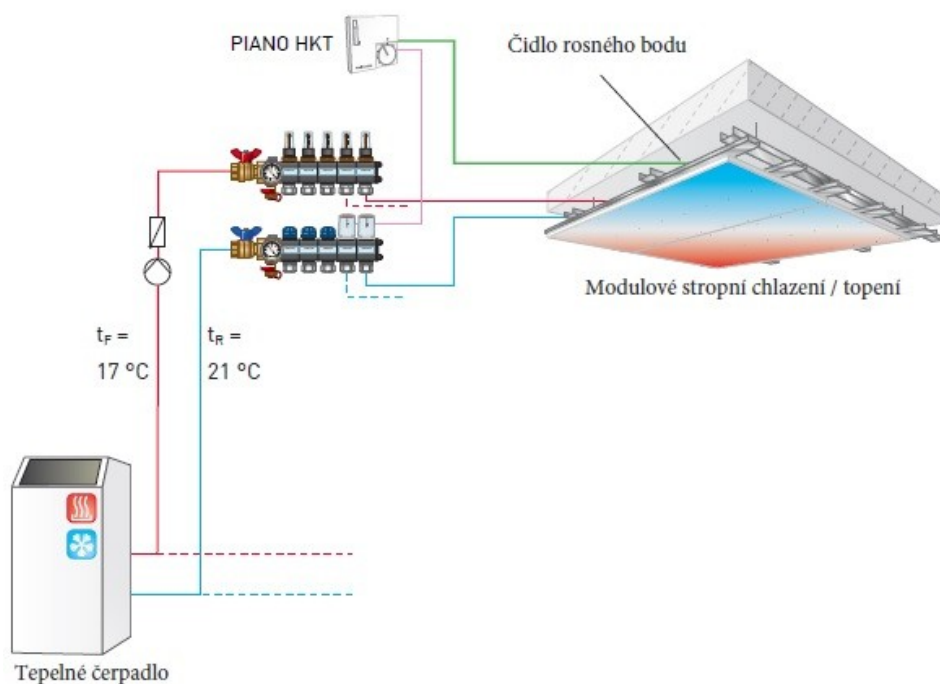
Pokojový termostat umožňuje regulaci pokojové teploty v rozsahu  $+5\text{ }^{\circ}\text{C}$  až  $+30\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Jeho součástí jsou také hodiny, na kterých lze nastavit týdenní program [9].

Čidlo rosného bodu je klíčovým prvkem celého systému. Pokud se vzduch v místnosti dostane do stavu, při kterém by mohlo dojít ke kondenzaci, dojde díky informacím z čidla k přivření nebo úplnému uzavření přívodu chladicí vody na rozdělovači. Termoelektrický servopohon na rozdělovači při požadavku na vypnutí uzavře ventil do 3,5 min. V opačném případě by došlo ke kondenzaci vlhkosti a následnému poškození sádkartonové stropní konstrukce, omítky atd.

Propojení čidla rosného bodu, pokojového termostatu a rozdělovače je patrné z obrázku 3.22.



Obrázek 3.21 – detail instalace čidla rosného bodu [9]



Obrázek 3.22 – schéma zapojení systému regulace stropního chlazení [9]



### 3.8.2 Regulace fan coil jednotek

Fan coil jednotky budou regulovány na straně vzduchu. V místnostech chlazených fan coil jednotkami bude na zdi umístěna konzole s digitálním displejem (obrázek 3.23), která bude sloužit pro ovládání jednotek [11].

Součástí konzole je grafický LCD displej pro vizualizaci všech parametrů, snímač pokojové teploty, čidlo relativní vlhkosti vzduchu a čtyři tlačítka pro nastavení parametrů a provozních režimů [11].



Obrázek 3.23 – konzole s digitálním displejem [11]

Konzole je připojená ke kartě Power Omnibus pomocí telefonního kabelu, ze kterého je napájena a přijímá informace z místní sběrnice. Pomocí karty je ovládán bezkartáčový motor (obrázek 3.24), který řídí otáčky ventilátorů.



Obrázek 3.24 – bezkartáčový motor napojený na ventilátory [11]



## 4 VĚTRÁNÍ

V polyfunkčním domě ve Vyškově budou instalovány dva nezávislé větrací okruhy.

První okruh bude sloužit k větrání lékařského zařízení v prvním nadzemním patře. Druhý okruh bude odvětrávat obytné prostory v druhém a třetím nadzemním patře. V obou případech se bude jednat o nucené, rovnotlaké větrání s rekuperací tepla.

### 4.1 Množství větracího vzduchu

Protože se jedná o rovnotlaké větrání, musí být objem přiváděného vzduchu na daném patře stejný jako množství odváděného vzduchu. V opačném případě by docházelo ke vzniku přetlaku, resp. podtlaku.

V rámci lékařského zařízení v 1. NP není žádná místnost čistým prostorem ve smyslu znění normy ČSN EN ISO 146454-7. Jediným předpisem, který se zabývá prostředím ve zdravotnických zařízeních je vyhláška č. 92/2012 Sb.[20] ve znění č. 284/2017 Sb. [21], která pouze stanovuje, že: „zdravotnické zařízení dále musí být vybaveno systémem přirozeného, nebo nuceného větrání a systémem vytápění“ [21].

Z výše uvedeného důvodu bylo množství vzduchu voleno stejně jako v případě obytných prostor, tedy pomocí intenzity výměny vzduchu. V případě sociálních zařízení jako např. WC je možné použít podobný princip, který předepisuje vyhláška č. 410/2005 Sb. ve znění č. 343/2009 Sb. pro školská zařízení, tedy množství vzduchu na jedno zařízení, např. pisoár.

Zvolené množství vzduchu v lékařském zařízení v 1. NP je uvedeno v tabulce 4.1.

Tabulka 4.1 – množství větracího vzduchu v 1. NP

číslo místnosti	účel místnosti	přívod/odvod	objem místnosti	n	minimální hodnota množství vzduchu	zvolené množství vzduchu
			[m <sup>3</sup> ]	[h <sup>-1</sup> ]	[m <sup>3</sup> /h]	[m <sup>3</sup> /h]
1.03	WC	odvod	3	-	50	<b>50</b>
1.05	předsíň	odvod	14	-	50	<b>50</b>
1.06	WC	odvod	12	-	50	<b>50</b>
1.07	RTG	odvod	6	0,3	2	<b>30</b>
1.08	denní místnost	přívod	25	0,3	7	<b>50</b>
1.09	šatna	odvod	8	0,3	2	<b>30</b>
1.11	ordinace 1	přívod	46	-	75	<b>120</b>
1.12	sterilizační místnost	odvod	18	2	37	<b>80</b>
1.13	ordinace 2	přívod	49	-	75	<b>120</b>
			celkem přívod		[m <sup>3</sup> /h]	<b>290</b>
			celkem odvod		[m <sup>3</sup> /h]	<b>290</b>

Při stanovení množství vzduchu je také nutné brát v potaz, zda se jedná o provětrávání, nebo o nárazové větrání.

V jednotlivých obytných prostorech je možné určit množství vzduchu podle normy ČSN EN 15665/Z1 [22], která stanovuje minimální objemové množství vzduchu za hodinu na jednu osobu, nebo intenzitu výměny vzduchu. V případě obytných jednotek nebylo možné dopředu určit počet osob, které je budou užívat, a proto bylo minimální hygienické množství vzduchu určeno za pomoci intenzity výměny vzduchu.

Zvolené množství větracího vzduchu v obytných patrech je uvedeno v následujících tabulkách (tabulky 4.2 a 4.3).

*Tabulka 4.2 – množství větracího vzduchu v 2. NP*

číslo místnosti	účel místnosti	přívod/odvod	objem místnosti	n	minimální hodnota množství vzduchu	zvolené množství vzduchu
			[m <sup>3</sup> ]	[h <sup>-1</sup> ]	[m <sup>3</sup> /h]	[m <sup>3</sup> /h]
2.04	pokoj	přívod	26	0,3	8	<b>40</b>
2.05	obývací pokoj	přívod	89	0,3	27	<b>60</b>
2.06	ložnice	přívod	43	0,3	13	<b>50</b>
2.07	kuchyně	odvod	44	0,3	13	<b>50</b>
2.09	WC	odvod	5	-	25	<b>30</b>
2.10	koupelna	odvod	22	-	50	<b>70</b>
			celkem přívod		[m <sup>3</sup> /h]	<b>150</b>
			celkem odvod		[m <sup>3</sup> /h]	<b>150</b>

*Tabulka 4.3 – množství větracího vzduchu v 3. NP*

číslo místnosti	účel místnosti	přívod/odvod	objem místnosti	n	minimální hodnota množství vzduchu	zvolené množství vzduchu
			[m <sup>3</sup> ]	[h <sup>-1</sup> ]	[m <sup>3</sup> /h]	[m <sup>3</sup> /h]
3.03	koupelna + WC	odvod	19	-	75	<b>120</b>
3.04	obývací pokoj + kuchyně	přívod	52	0,3	16	<b>60</b>
3.05	ložnice	přívod	46	0,3	14	<b>60</b>
3.07	koupelna + WC	odvod	21	-	75	<b>120</b>
3.08	obývací pokoj + kuchyně	přívod	49	0,3	15	<b>60</b>
3.09	ložnice	přívod	46	0,3	14	<b>60</b>
			celkem přívod		[m <sup>3</sup> /h]	<b>240</b>
			celkem odvod		[m <sup>3</sup> /h]	<b>240</b>

## 4.2 Distribuce vzduchu

### 4.2.1 Potrubí

Na základě množství přiváděného větracího vzduchu a množství odváděného odpadního vzduchu je možné spočítat požadované dimenze vzduchotechnického potrubí. V tomto případě budou všechny rozvody realizovány kruhovým spiro potrubím (obrázek 4.1) a aluminiovými ohebnými hadicemi.



Obrázek 4.1 – spiro potrubí [23]

Při instalaci jsou jednotlivé úseky spiro potrubí spojovány pomocí tzv. vnitřních spojek (obrázek 4.2). Jednotlivé tvarovky, jako jsou například segmentové oblouky (obrázek 4.3), jsou vsouvány do potrubí a následně je spoj přelepen hliníkovou páskou. Pokud jsou napojovány dvě tvarovky přímo jedna na druhou, používají se tzv. vnější spojky (obrázek 4.2).



Obrázek 4.2 – a) spojka vnější, b) spojka vnitřní [23]



Obrázek 4.3 – oblouk segmentový [23]

#### 4.2.2 Distribuční elementy

Distribuční elementy se dělí na:

- přívodní elementy,
- odvodní elementy.

Přívodní elementy jsou koncové části vzduchotechnického potrubí, které distribuují čerstvý větrací vzduch do větraných místností.

Odvodní elementy jsou prvky odvodního vzduchotechnického potrubí, skrze něž je nasáván odpadní vzduch z větraných místností.

Kromě distribuce vzduchu mohou být některé vyústky použity pro hydraulickou regulaci vzduchotechnického systému.

Ve větracím okruhu prvního patra jsou pro přívod vzduchu použity komfortní dvouřadé vyústky VKE-V-2.0 (obrázek 4.4) a stěnový difuzor SHH (obrázek 4.5).



Obrázek 4.4 – dvouřadá vyústka VKE-V-2.0 [23]



*Obrázek 4.5 – stěnový difuzor SHH [24]*

K přívodu větracího vzduchu ve 2. NP byly použity stěnové difuzory SHH (obrázek 4.5) a přívodní talířový ventil (obrázek 4.6). Ve třetím patře byly pro přívod vzduchu použity stropní vířivé anemostaty RFD 125 (obrázek 4.7) od firmy TROX GmbH. Pro přesný návrh anemostatů byl použit návrhový program TROX Easy Product Finder.



*Obrázek 4.6 – talířový ventil: a) odvodní, b) přívodní [23]*

Pro odvod odpadního vzduchu byly v obou větracích okruzích použity odvodní talířové ventily (obrázek 4.6).

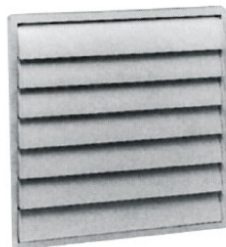


*Obrázek 4.7 – vířivý stropní anemostat RFD 125 [25]*

#### **4.2.3 Nasávací a výfukové prvky**

Tyto prvky vzduchotechnického systému zakrývají nasávací a výfukové otvory a chrání je před průnikem hrubých nečistot, deště a sněhu.

Na nasávání i výfuku vzduchu u obou větracích okruhů domu ve Vyškově byly použity protidešťové nasávací a výfukové žaluzie (obrázek 4.8) spolu s fasádními přechody s klapkami a servopohony SPF-SCM24GL (obrázek 4.9).



*Obrázek 4.8 – protidešťové žaluzie PRG 315 W [23]*



*Obrázek 4.9 – fasádní přechod s klapkou a servopohonem SPF-SCM24GL [26]*

### 4.3 Hydraulika potrubní sítě

Aby bylo možné zvolit vhodné vzduchotechnické jednotky pro oba větrací okruhy, které zajistí kromě adekvátních vzduchových výkonů také požadované výstupní tlaky, musely být nejprve určeny tlakové ztráty přívodních a odvodních větví obou větracích systémů.

Tlakové ztráty vznikají při proudění vzduchu v potrubí, kdy se vlivem vazkosti přemění část mechanické energie v teplo. Není-li brána v úvahu stlačitelnost vzduchu, projeví se úbytek mechanické energie úbytkem tlaku [27]. Aby tedy systém fungoval, musejí být ventilátory dané vzduchotechnické jednotky schopny svým výstupním tlakem vykompenzovat tlakovou ztrátu systému.

Princip hydraulického výpočtu vzduchotechniky je téměř totožný s hydraulickým výpočtem chladicí soustavy (kapitola 3.5.2). Rozdíl spočívá v tom, že v případě vodního chlazení se jedná o uzavřený okruh, kdežto v případě vzduchotechniky o okruh otevřený. Z toho vyplývá, že přívodní a odvodní větve vzduchotechnického systému se vzájemně tlakově neovlivňují, a proto se i při hydraulické regulaci regulují přívodní a odvodní větve samostatně.

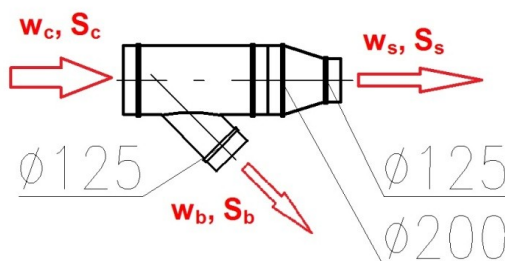
#### 4.3.1 Ukázkový hydraulický výpočet

Pro ukázkový výpočet byla vyprána přívodní větev větracího okruhu v 1. NP.

Postup výpočtu tlakové ztráty třením a místními odpory je stejná jako v případě chladicí soustavy. Zde se však místo hmotnostních průtoků počítá s průtoky objemovými, což je sice nepřesné, ale postačující.

Během výpočtu nastal problém při určování jednotlivých součinitelů místních ztrát nejrůznějších tvarovek. V hodnotách těchto součinitelů pro vzduchotechnické tvarovky se totiž jednotlivé zdroje velmi liší. Z tohoto důvodu byl k co nejpřesnějšímu určení součinitelů použit návrhový program [www.qpro.cz](http://www.qpro.cz) a kniha Handbook of Hydraulic Resistance [28].

Ukázkový výpočet součinitele místní ztráty odbočky jednostranné OBJ 45° ve směru odbočení:



Obrázek 4.10 – schéma průtoku odbočkou OBJ 45°

Součinitel vřazeného odporu mezi přímým směrem a odbočkou byl určen ze vztahu (4.1) [28].

$$\xi_{c,b} = A' \cdot \left[ 1 + \left( \frac{w_b}{w_c} \right)^2 - 2 \cdot \frac{w_b}{w_c} \cdot \cos \alpha \right] \quad (4.1)$$

kde:  $\xi_{c,b}$ ...součinitel vřazeného odporu mezi přímou větví a odbočkou [-]

$w_b$ ...rychlost proudění v odbočce [m/s]

$w_c$ ...rychlost proudění v hlavní větví před odbočením [m/s]

$\alpha$ ...úhel odbočení [°]

$A'$ ...konstanta [-], pro  $(w_b/w_c) > 0,8$  je  $A' \approx 0,9$

Dosazení do rovnice (4.1):

$$\xi_{c,b} = 0,9 \cdot \left[ 1 + \left( \frac{2,72}{2,12} \right)^2 - 2 \cdot \frac{2,72}{2,12} \cdot \cos 45^\circ \right] = 0,7485$$

Součinitel místní ztráty tvarovky pro směr odbočení (obrázek 4.10) byl určen podle vztahu (4.2) [28]. Vztah (4.2) je platný pro  $0^\circ < \alpha < 60^\circ$ . V tomto případě je  $\alpha = 45^\circ$  [28].

$$\xi_b = \frac{\xi_{c,b}}{\left( \frac{w_b}{w_c} \right)^2} \quad (4.2)$$

kde:  $\xi_b$ ...součinitel místní ztráty v odbočce [-]

Dosazení do vztahu (4.2):

$$\xi_b = \frac{0,7485}{\left( \frac{2,72}{2,12} \right)^2} = 0,4547$$

Pro srovnání byl součinitel místní ztráty odbočky určen také v návrhovém programu [www.qpro.cz](http://www.qpro.cz), kde vyšel  $\xi_b = 0,439$ .

Výše uvedeným způsobem byly určeny součinitele místních ztrát všech tvarovek, u kterých nebyl součinitel, nebo tlaková ztráta uvedena výrobcem. Tlakové ztráty jednotlivých tvarovek jsou uvedeny v příloze CD6.

Specifický výpočet tlakové ztráty byl použit také pro ohebné aluminiové hadice semiflex, sonoflex a termoflex. Podle výpočtu doporučeného výrobcem [23] byly místní tlakové ztráty vzniklé ohybem pružné hadice započítány do celkové tlakové ztráty pomocí tzv. ekvivalentních délek. Ekvivalentní délky byly následně připočteny k celkové délce pružného potrubí a započítány do tlakové ztráty třením.



Ukázkový výpočet ekvivalentní délky 90°zahnutí aluminiové pružné hadice semiflex v odvodním potrubí u vyústky v místnosti 1.03:

Ekvivalentní délka byla určena podle rovnice (4.3) [23].

$$Z = Q \cdot \frac{D}{300} \quad (4.3)$$

kde: Z...ekvivalentní délka [m]

Q...koeficient pro ztrátu v ohybu [-]

D...vnitřní průměr ohebné hadice [mm], určený dle tabulky 4.4

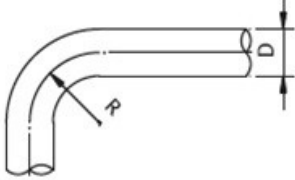
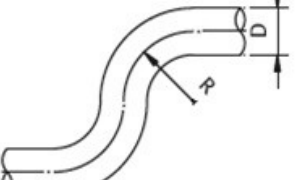
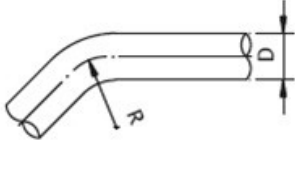
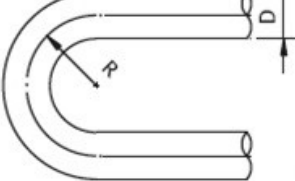
Dosazení do vztahu (4.3):

$$Z = 3 \cdot \frac{100}{300} = 1 \text{ m}$$

Tato ekvivalentní délka byla následně přičtena k délce hadice. Výpočet tlakové ztráty třením byl následně proveden podle rovnice (3.17).

Výpočet tlakových ztrát ohebných hadic je však velmi orientační. V praxi totiž stačí, aby při instalaci byla hadice ohnuta více, než je předepsané a tlaková ztráta se okamžitě změní.

Tabulka 4.4 – koeficienty pro ztrátu v ohybu [23]

		90° Q = 3			2 x 90° Q = 4,5
		45° Q = 1,5			180° Q = 7,5

Teplota	-20°C	-0°C	+20°C	+40°C	+60°C	+80°C	+100°C
Korekční fakt.	1.158	1.073	1.000	0.936	0.880	0.830	0.785

SEMIFLEX (R/D = 1)

V následující tabulce jsou uvedeny hodnoty výpočtu tlakové ztráty jednotlivých úseků v přívodní větvi větracího okruhu v 1. NP (tabulka 4.5).

*Tabulka 4.5 – tlakové ztráty úseků v přívodním potrubí v 1. NP*

ZAŘÍZENÍ č 1.01 - PŘÍVOD VZDUCHU									
číslo úseku	průtok	průměr potrubí	rychlost proudění	délka potrubí	hustota vzduchu	měrná tlaková ztráta	tlaková ztráta třením	tlaková ztráta místními odpory	tlaková ztráta úseku
i	V	d	w	l	ρ	R	$\Delta p_t = R \cdot l$	$\Delta p_m$	$\Delta p_i$
[-]	[m <sup>3</sup> /h]	[m]	[m/s]	[m]	[kg/m <sup>3</sup> ]	[Pa/m]	[Pa]	[Pa]	[Pa]
1	290	0,200	2,56	3,5	1,208	0,492571	1,706760	4,514408	<b>6,221168</b>
2	50	0,100	1,77	3,2	1,208	0,603767	1,941110	1,807985	<b>3,749095</b>
3	50	0,125	1,13	0,1	1,208	0,204991	0,014349	14,081235	<b>14,095584</b>
4	240	0,200	2,12	5,5	1,208	0,349045	1,911021	2,315089	<b>4,226110</b>
5	120	0,125	2,72	2,0	1,208	0,987599	1,945569	4,708083	<b>6,653653</b>
6	120	0,125	2,72	1,3	1,208	0,987599	1,283878	3,299892	<b>4,583770</b>
7	290	0,200	2,56	0,4	1,208	0,492572	0,216732	14,567680	<b>14,784411</b>

Podrobné hodnoty výpočtu tlakových ztrát všech okruhů a úseků jsou uvedeny v příloze P6.

#### 4.3.2 Hydraulická regulace

Jak již bylo zmíněno v úvodu kapitoly (kapitola 4.3), v případě vzduchotechnických rozvodů se jedná o otevřený systém, ve kterém jsou přívodní a odvodní větve tlakově nezávislé, což znamená, že přívodní a odvodní větve může mít různou tlakovou ztrátu.

Samotná regulace může být provedena pomocí vyústek, jako například zašroubováním talířových ventilů (obrázek 4.6), nebo klapkou na vstupu do anemostatu (obrázek 4.7). Další možností regulace jsou regulační klapky, které zvyšují tlakovou ztrátu uzavíráním průtočného průřezu potrubí, nebo regulace pomocí zasouvání molitanových kroužků do potrubí (obrázek 4.11). Výhodou molitanových kroužků je, že zároveň fungují jako tlumiče hluku (o této problematice více v kapitole 4.6).



*Obrázek 4.11 – molitanové kroužky pro hydraulickou regulaci [23]*

Cílem hydraulické regulace je zajistit, aby každá trasa přívodního, resp. odvodního potrubí od sání, resp. výfuku, až po vyústku ve větrané místnosti měla stejnou tlakovou ztrátu. To zajistí, aby se do každé místnosti dostalo požadované množství větracího vzduchu, nebo aby bylo odvedeno předepsané množství odpadního vzduchu.

Postup hydraulického vyvážení je stejný jako v kapitole 3.5.3. Nejprve byla součtem tlakových ztrát příslušných úseků určena tlaková ztráta větve ke každé vyústce. Následně byla zvolena referenční hodnota tlakové ztráty (tj. nejvyšší tlaková ztráta) dané přívodní, nebo odvodní trasy, podle níž byly pomocí regulačních prvků zaregulovány všechny větve na dané trase. Tento postup byl aplikován na přívodní a odvodní trasy obou větracích okruhů.

V následujících tabulkách (tabulka 4.6 až 4.9) jsou uvedeny hodnoty hydraulických regulací jednotlivých větracích okruhů. Zařízením č. 1 bude větráno 1. NP a zařízením č. 2 2. NP a 3. NP.

*Tabulka 4.6 – hydraulická regulace větracího okruhu 1. NP – přívod*

<b>REGULACE - ZAŘ. 1 - PŘÍVOD</b>					
výustka v místnosti	celková tlaková ztráta	vyústka	navýšení tlakové ztráty na vyústce	navýšení tlakové ztráty na regulační klapce	finální tlaková ztráta
	$\Sigma \Delta p_i$		$\Delta p$	$\Delta p$	$\Delta p_c$
	[Pa]		[Pa]	[Pa]	[Pa]
1.08	38,85	stěnový difuzor SHH	13	0	51,85
1.11	29,82	mřížka MSU 25 300x100	6	15	50,82
1.13	31,89	mřížka MSU 25 300x100	6	15	52,89

*Tabulka 4.7 – hydraulická regulace větracího okruhu 1. NP – odvod*

<b>REGULACE - ZAŘ. 1 - ODVOD</b>					
výustka v místnosti	celková tlaková ztráta	vyústka	navýšení tlakové ztráty na vyústce	navýšení tlakové ztráty na regulační klapce	finální tlaková ztráta
	$\Sigma \Delta p_i$		$\Delta p$	$\Delta p$	$\Delta p_c$
	[Pa]		[Pa]	[Pa]	[Pa]
1.03	62,30	talířový ventil $\Phi 100$	82	0	144,30
1.05	80,89	talířový ventil $\Phi 100$	63	0	143,89
1.06	80,89	talířový ventil $\Phi 100$	63	0	143,89
1.07	69,09	talířový ventil $\Phi 100$	75	0	144,09
1.09	69,13	talířový ventil $\Phi 100$	75	0	144,13
1.12	128,38	talířový ventil $\Phi 125$	16	0	144,38

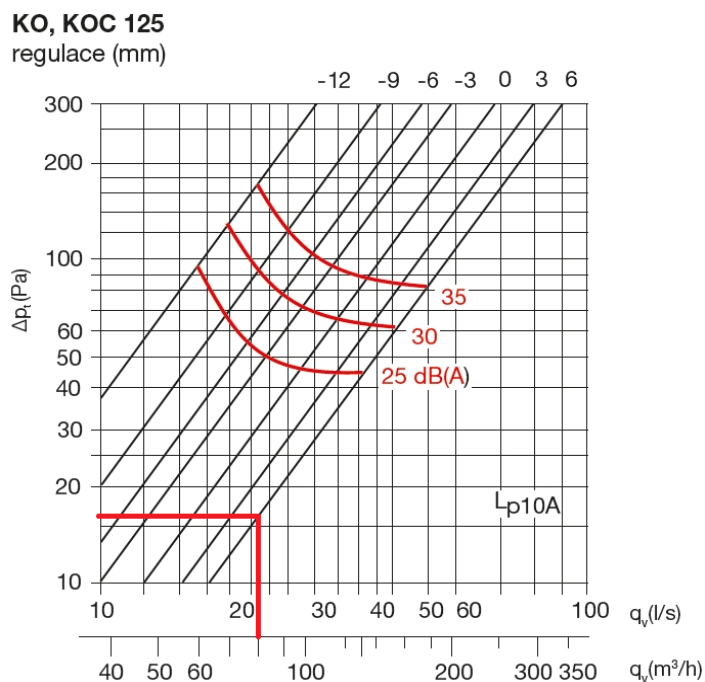
Tabulka 4.8 – hydraulická regulace větracího okruhu 2. NP a 3. NP – přívod

REGULACE - ZAŘ. 2 - PŘÍVOD					
výústka v místnosti	celková tlaková ztráta	vyústka	navýšení tlakové ztráty na vyústce	navýšení tlakové ztráty na regulační klapce	finální tlaková ztráta
	$\Sigma\Delta p_i$		$\Delta p$	$\Delta p$	$\Delta p_c$
	[Pa]		[Pa]	[Pa]	[Pa]
2.04	115,60	talířový ventil $\Phi 100$	13	0	128,60
2.05	112,13	stěnový diffuzor SHH	17	0	129,13
2.06	103,29	stěnový diffuzor SHH	25	0	128,29
3.04	100,49	anemostat TROX	28	0	128,49
3.05	101,56	anemostat TROX	27	0	128,56
3.08	99,95	anemostat TROX	28	0	127,95
3.09	101,02	anemostat TROX	28	0	129,02

Tabulka 4.9 – hydraulická regulace větracího okruhu 2. NP a 3. NP – odvod

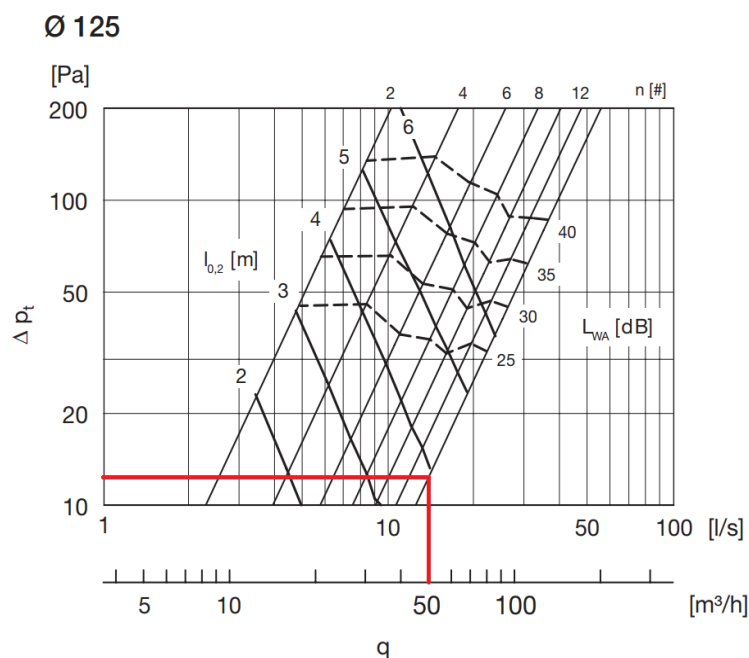
REGULACE - ZAŘ. 2 - ODVOD					
výústka v místnosti	celková tlaková ztráta	vyústka	navýšení tlakové ztráty na vyústce	navýšení tlakové ztráty na regulační klapce	finální tlaková ztráta
	$\Sigma\Delta p_i$		$\Delta p$	$\Delta p$	$\Delta p_c$
	[Pa]		[Pa]	[Pa]	[Pa]
2.07	114,81	talířový ventil $\Phi 125$	55	0	169,81
2.09	99,71	talířový ventil $\Phi 100$	70	0	169,71
2.10	98,11	talířový ventil $\Phi 125$	72	0	170,11
3.03	124,64	talířový ventil $\Phi 125$	45	0	169,64
3.07	128,08	talířový ventil $\Phi 125$	42	0	170,08

Na obrázku 4.12 je znázorněno navýšení tlakové ztráty na větvi do místnosti 1.12 (viz. tabulka 4.8) na odvodním talířovém ventilu pomocí zašroubování jeho střední části.



Obrázek 4.12 – diagram závislosti tlakové ztráty na průtoku pro talířový ventil KO  $\Phi 125$  mm [23]

U stěnového difuzoru SHH (obrázek 4.5) se regulace provádí zalepováním řad dírek pomocí speciální pásky. Obrázek 4.13 znázorňuje minimální tlakovou ztrátu difuzoru SHH ve větvi do místnosti 1.08, při ponechání všech dírek difuzoru nezalepených.



Obrázek 4.13 – diagram závislosti tlakové ztráty difuzoru SHH na průtoku a n-počtu zalepených řad dírek [23]

## 4.4 Vzduchotechnické jednotky

Pro volbu vhodné vzduchotechnické jednotky je klíčová znalost požadovaného vzduchového výkonu a tlakové ztráty soustavy. Pokud jsou tyto hodnoty známy, může být vybrána jednotka, která zajistí potřebné parametry větracího systému.

Vzduchotechnické jednotky určené pro rodinné a menší bytové domy obsahují dva ventilátory, jeden pro přívod čerstvého větracího vzduchu a druhý pro odvod odpadního vzduchu. Součástí jednotky je také výměník tepla, tzv. rekuperátor, který umožňuje výměnu tepla (některé typy také vlhkosti) mezi proudem čerstvého větracího vzduchu a proudem odpadního vzduchu. Ochranu proti znečištění přívodního a odpadního vzduchu drobnými nečistotami zajišťují filtry.

Dalšími prvky jednotek jsou elektrické nebo vodní ohříváče sloužící k ohřevu větracího vzduchu, někdy také vestavěné elektrické přehříváče nebo chladiče.

Jednotky pro větrání rodinných domů a malých bytových domů bývají buď vertikální, takové jednotky jsou uchyceny na stěně nebo stojí na podlaze, nebo podstropní.

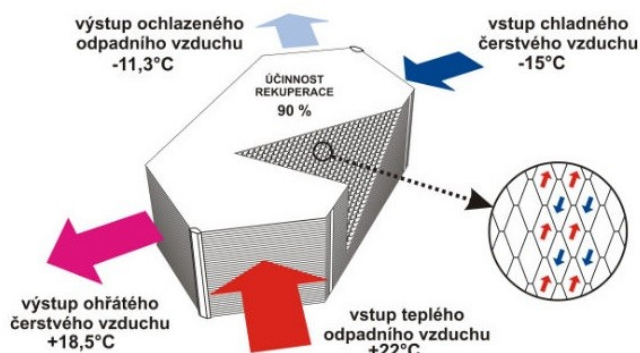
### 4.4.1 Rekuperace tepla

Rekuperace tepla znamená zpětné získávání tepla. Je to proces, kdy se vzduch přiváděný do místnosti ohřívá nebo ochlazuje vzduchem odváděným z budovy [29]. Probíhá ve výměníku tepla. Vzduchový výkon největších rekuperačních výměníků tepla pro byty nebo rodinné domy se pohybuje v rozmezí 500-2000 m<sup>3</sup>/h [29].

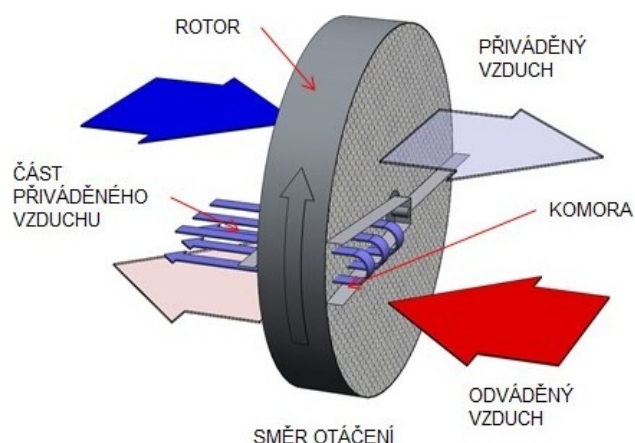
Použitím rekuperace tepla vzniká úspora při ohřívání nebo chlazení větracího vzduchu.

Rekuperační výměníky bývají většinou protiproudé (obrázek 4.14), nebo rotační (obrázek 4.15). Některé firmy nabízejí i tzv. přepínací výměníky.

Protiproudé výměníky dokážou přenášet pouze teplo, nikoliv však vlhkost. Rotační a přepínací výměníky dokážou přenášet také určité množství vlhkosti. Pokud je přenášeno zároveň teplo i vlhkost jedná se o tzv. regenerační zpětné získávání tepla [30].



Obrázek 4.14 – funkční schéma protiproudého rekuperačního výměníku [30]



Obrázek 4.15 – funkční schéma rotačního regeneračního výměníku [31]

#### 4.4.2 Jednotka větracího okruhu 1. NP

Z kapitol 4.1 a 4.3.2 vyplývá, že jednotka pro větrání prvního nadzemního patra musí být schopna zajistit vzduchový výkon  $290 \text{ m}^3/\text{h}$  a musí mít výstupní tlak minimálně  $144,38 \text{ Pa}$  na odvodu a  $52,89 \text{ Pa}$  na přívodu.

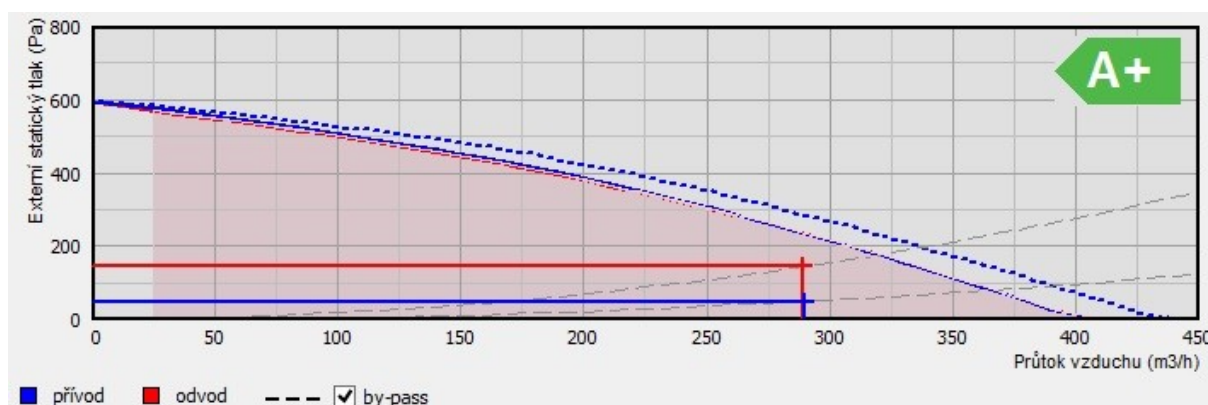
Vzhledem k nedostatku místa musela být vybrána podstropní jednotka. Na základě výše uvedených informací byla zvolena jednotka DUPLEX 370 EC5.RD5.CF od firmy Atrea (obrázek 4.16). Pro její návrh byl použit návrhový program jednotek DUPLEX 8.71.653 od společnosti Atrea.



Obrázek 4.16 – rekuperační jednotka DUPLEX 370 EC5.RD5.CF [32]

Součástí jednotky je vestavěný elektrický dohříváč EDO5-0,50-RD5 s maximálním výkonem  $0,50 \text{ kW}$  a vestavěný elektrický předehříváč EDO5-0,99-RD5 o maximálním výkonu  $0,99 \text{ kW}$ . Účinnost jejího deskového rekuperačního výměníku činí v zimním provozu  $92,3 \%$  [32]. Dále je jednotka vybavena filtry typu G4 a by-passovou klapkou.





Obrázek 4.17 – charakteristika jednotky DUPLEX 370 EC5.RD5.CF [32]

Jednotka Duplex je rovněž vybavena regulací rovnotlaku. Po instalaci bude jednotka napojena na odvod kondenzátu.

#### 4.4.3 Jednotka větracího okruhu 2. NP a 3. NP

Pro větrací okruh druhého a třetího nadzemního patra bylo zapotřebí vybrat jednotku, která umožňuje průtok vzduchu  $390 \text{ m}^3/\text{h}$  a zároveň je schopna poskytnout výstupní statický tlak minimálně  $128,60 \text{ Pa}$  na přívodu a minimálně  $170,11 \text{ Pa}$  na odvodu. Tato jednotka bude umístěna v technické místnosti v 1. PP, takže při jejím výběru nebylo nutné brát v potaz taková prostorová omezení jako u jednotky předchozí.

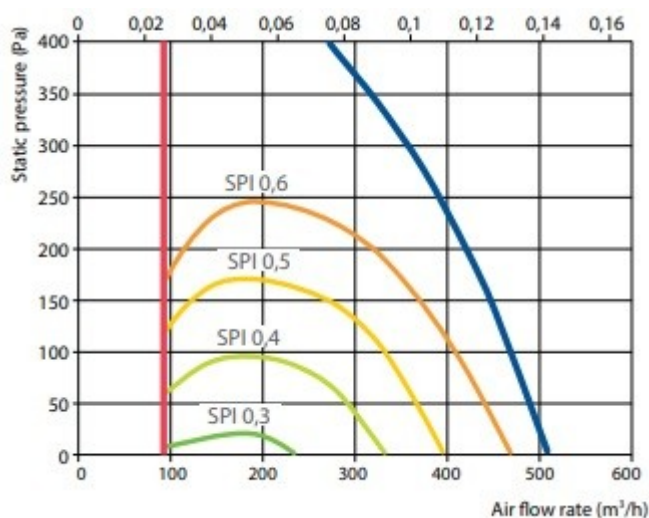
Na základě výše uvedených parametrů byla zvolena vertikální jednotka DOMEKT R 450 V-EC-HE-R1-C6 od společnosti Komfovent (obrázek 4.18).



Obrázek 4.18 – jednotka DOMEKT R 450 V-EC-HE-R1-C6 [5]

Jednotka DOMEKT je vybavena rotačním rekuperátorem s účinností  $85 \%$  [5]. Dále obsahuje vestavěný elektrický předehříváč, ohříváč a filtry typu G4. Jednotka je navíc vybavena regulací rovnotlaku.





Obrázek 4.19 – charakteristika jednotky DOMEKT R 450 V-EC-HE-R1-C6 [5]

Po instalaci bude jednotka napojena na odvod kondenzátu.

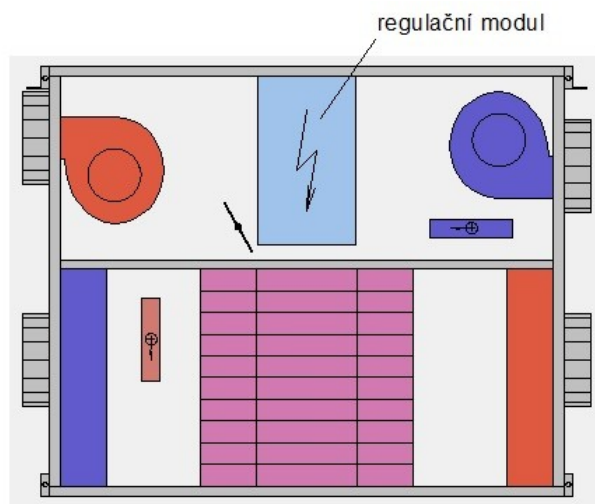
## 4.5 REGULACE

### 4.5.1 Regulace jednotky Duplex

Jednotka Duplex 370 EC5 bude řízena pomocí digitální regulace RD5, která má následující funkce [32]:

- plynulé řízení podle tlaku v přívodu a odvodu pomocí snímače tlakové difference DPT 2500,
- automatická regulace zpětného získávání chladu,
- automatické řízení klapky by-passu podle teploty,
- protimrazová ochrana rekuperačního výměníku,
- výstup pro ovládání uzavírací klapky na přívodu a odvodu,
- univerzální poplachové řízení,
- regulace elektrického ohřívače pomocí řízení spínáním 0/10 V.

Regulační modul je umístěn uvnitř rekuperační jednotky (obrázek 4.20). Jednotka je vybavena čidlem venkovní teploty, které bude umístěno na severní straně domu.



Obrázek 4.20 – umístění regulačního modulu RD5 [32]

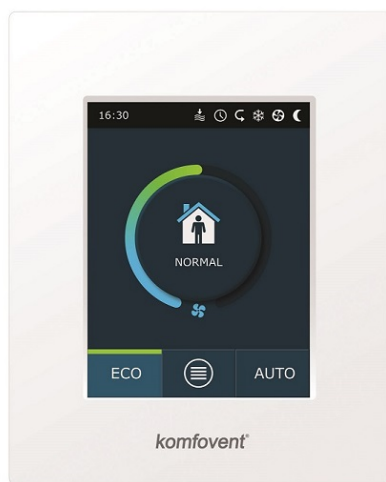
Jednotka bude ovládána pomocí nástěnného digitálního ovladače s dotykovým displejem CP Touch (obrázek 4.21), který umožňuje ruční režim, nebo automatický týdenní program. Součástí digitálního ovladače je také čidlo vnitřní prostorové teploty. Ovladač bude umístěn v denní místnosti pro lékařský personál, tj. v místnosti 1.08 (obrázek 1.2).



Obrázek 4.21 – digitální ovladač CP Touch [32]

#### 4.5.2 Regulace jednotky Domekt

Jednotka Domekt je ovládána pomocí panelu C6.1 s dotykovým displejem (obrázek 4.22). Ten umožňuje ruční ovládání i volitelné týdenní programy. Jeho součástí je čidlo vnitřní prostorové teploty.



Obrázek 4.22 – digitální ovládací panel C6.1 [33]

Panel bude umístěn v technické místnosti, nebo jinde dle přání investora. Na přívodu a odvodu do každého bytu se budou nacházet regulační klapky se servo pohony, které umožní regulování množství přiváděného, resp. odváděného vzduchu do jednotlivých bytů, nebo jejich úplné uzavření.

Samotný regulační modul jednotky Domekt je umístěn uvnitř skříně jednotky a umožňuje stejné funkce jako řídicí modul jednotky Duplex (kapitola 4.5.1). Jednotka je rovněž vybavena čidlem venkovní teploty, umístěným na severní straně objektu.

## 4.6 Tlumení hluku

Ve vzduchotechnickém systému vznikají tři druhy hluků. Je to hluk aerodynamický, mechanický a magnetický [34].

Aerodynamický hluk vzniká vlivem působení proudu vzduchu na okolní obklopující prostředí. Mechanický hluk vzniká například vadami v ložiscích ventilátorů, nebo nevyvážeností rotujících součástí [34].

Dalším hlukem, který se šíří vzduchotechnickým potrubím je hluk z vnějšího prostředí, nebo hluk ze sousedních prostor. Protážením vzduchotechnického potrubí stěnou je totiž narušena neprůzvučnost stěny.

Aby byl hluk vzniklý výše uvedenými příčinami v dané místnosti co nejmenší, je nutné zavést určitá opatření na jeho snížení.

První možností je snížení rychlosti proudění vzduchu v koncových rozvodech vedoucích k jednotlivým vyústkám. Různé zdroje doporučují rychlost proudění v potrubí pro obytné prostory v rozmezí 3-5 m/s. V praxi se v obytných prostorech navrhuje rychlost 2-3 m/s, čímž se sníží aerodynamický hluk.

Dalším opatřením je zvuková izolace potrubí. Jejím použitím je zabráněno šíření hluku vniklého ve větracím systému ven a naopak.

Poslední možností je použití tlumících prvků větrací soustavy, jako jsou potrubní tlumiče hluku, nebo některé ohebné hadice.

#### 4.6.1 Použité tlumicí prvky

Ve větracích systémech polyfunkčního domu ve Vyškově byly pro snížení hluku použity potrubní tlumiče typu MAA (obrázek 4.23). Plášť tlumiče je tvořen galvanizovaným plechem. Uvnitř se nachází izolace, která pohlcuje šířící se hluk [23].



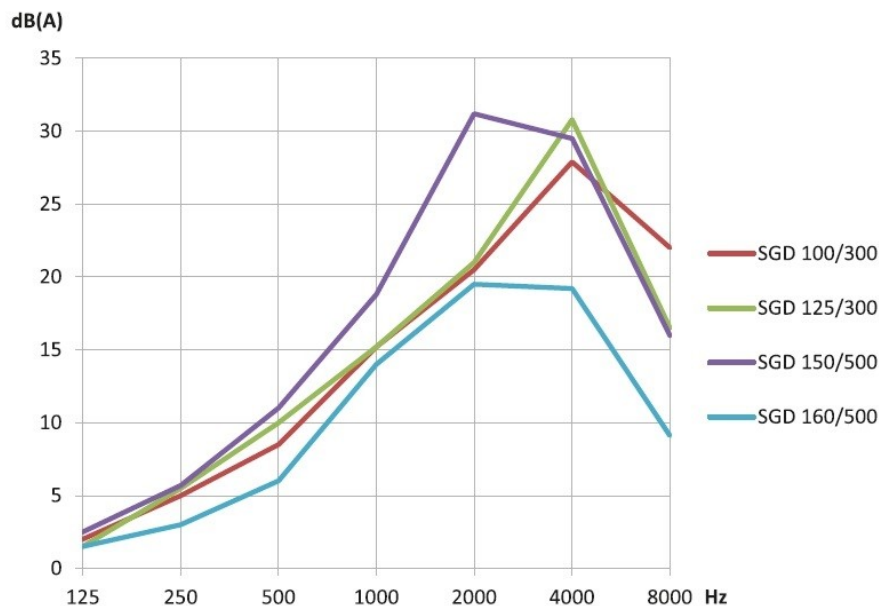
Obrázek 4.23 – potrubní tlumič hluku MAA [23]

Pro utlumení hluku šířícího se potrubím, a zejména hluku ze sousedních prostor, byly použity v přívodních potrubích vsuvné potrubní tlumiče hluku typu SGD (obrázek 4.24). Jedná se o dutý válec z molitanové izolace, který je zasunut dovnitř potrubí těsně za vyústku. Jeho hlavní funkcí je omezení přenosu kmitočtů hovorového pásma [23] (obrázek 4.25).



Obrázek 4.24 – tlumič SGD v potrubí za přívodním talířovým ventilem [23]

Podobnou funkci jako tlumiče SGD mají molitanové kroužky, které se mohou používat pro hydraulickou regulaci kruhových potrubních sítí (viz. kapitola 4.3.2).



Obrázek 4.25 – vložený útlum tlumičů SGD [23]

Dalšími použitými tlumícími prvky jsou ohebné aluminiové hadice typu Sonoflex MI (obrázek 4.26). Jedná se o hliníkovou ohebnou hadici s tepelnou a hlukovou izolací z minerální vaty tloušťky 25 mm. Ve vnitřní hliníkové hadici jsou dírký, kterými se zvukové vlny dostávají do izolace, kde jsou utlumeny.

Hadice typu Sonoflex MI byly použity pro napojení mezi jednotkami a pevným potrubím, a to buď z důvodu nedostatku místa pro umístění potrubního tlumiče MAA, nebo kvůli nižší ceně oproti tlumiči MAA.



Obrázek 4.26 – hadice Sonoflex MI [23]

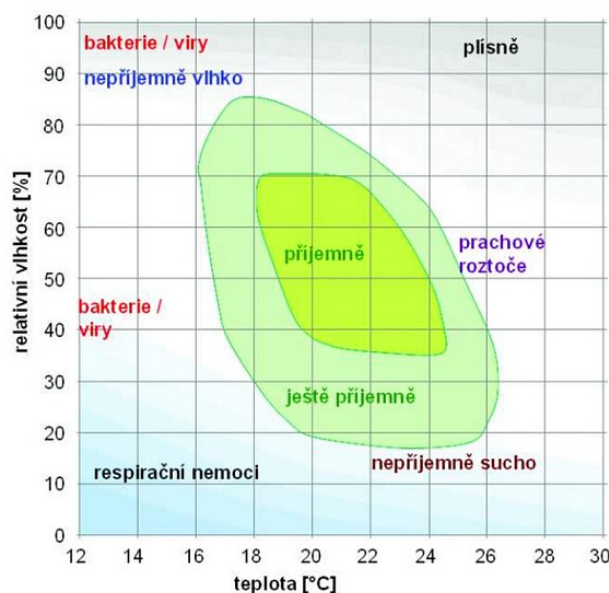
Posledním tlumícím prvkem je tepelná a zvuková izolace. Byla použita ve větracím systému 2. NP a 3. NP. Tloušťky použité izolace jsou 25 a 30 mm.

## 4.7 Problematika vlhkosti vzduchu

Na pohodu vnitřního prostředí budov má vliv mimo jiné vlhkost vzduchu. Výsledná vlhkost vzduchu v místnosti je závislá na mnoha faktorech. Činitelé, kteří ji v praxi ovlivňují, jsou právě systémy větrání, chlazení a vytápění.

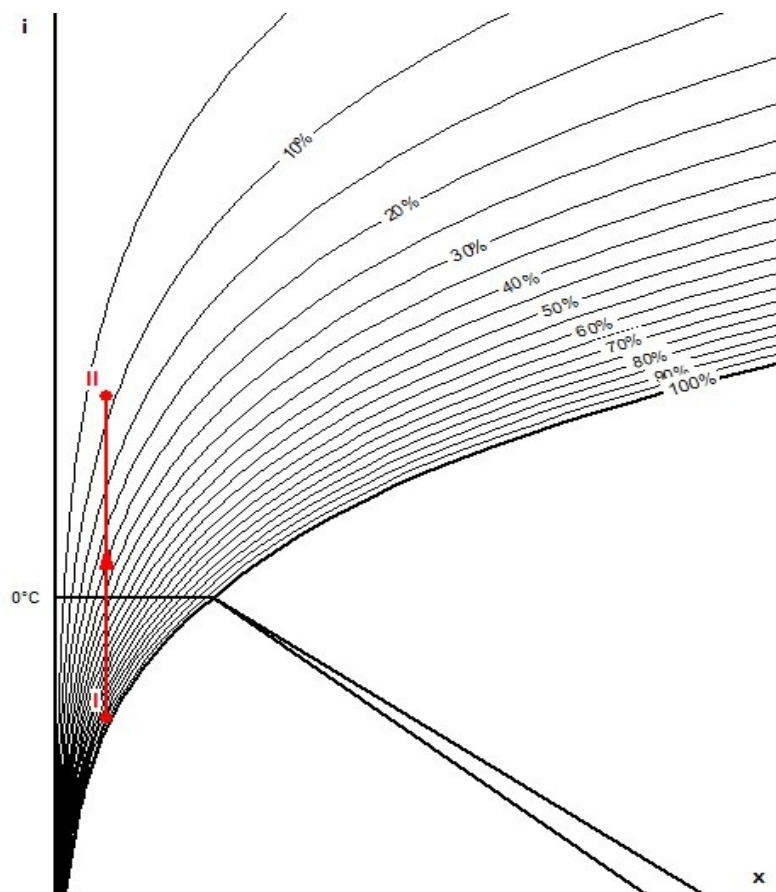
Ideální relativní vlhkost vzduchu v místnostech při teplotách vzduchu 18 až 24 °C je v rozsahu 40-70 % (obrázek 4.27). Pokud je vlhkost nižší, dochází například k vysychání očí a pokožky, ke zvýšenému uvolňování chemikálií z nátěrů atd. Když je naopak vlhkost příliš vysoká, dochází k tvorbě plísní a zhoršování odpařování potu z kůže [27]. Nevhodná relativní vlhkost vzduchu je jedním z hlavních faktorů způsobujících tzv. syndrom nemocné budovy.

Nejpalčivějším problémem u systémů se vzduchotechnickými jednotkami určenými pro relativně malé vzduchové výkony je vysoušení vzduchu při zimním provozu. Zatímco velké jednotky většinou obsahují zvlhčovací zařízení, jako například adiabatické pračky vzduchu, nebo parní zvlhčovače, malé jednotky tato zařízení nemají. V důsledku toho dochází vlivem ohřevu větracího vzduchu v předehřivači a ohřivači k vysušení vzduchu až na relativní vlhkost okolo 10 %.



Obrázek 4.27 – diagram vlivu relativní vlhkosti vzduchu v závislosti na teplotě [35]

Na následujícím obrázku (obrázek 4.28) je znázorněna změna stavu větracího vzduchu při ohřevu na 20 °C v zimním období.

Obrázek 4.28 – znázornění ohřevu vzduchu v  $h$ - $x$  diagramu

#### 4.7.1 Možnosti řešení suchého vzduchu

Pokud jednotka neobsahuje zvlhčovací zařízení, je možné tato zařízení připojit externě. Problémem bývá průtok vzduchu, protože maximální množství vzduchu, které je navrženo pro větrání, často neodpovídá minimálnímu průtoku vzduchu pro dané zvlhčovací zařízení. Dalším problémem je cena, protože tato zařízení jsou často dražší než samotná rekuperační jednotka.

Reálnějším řešením je možnost použití jednotky s rotačním výměníkem pro zpětné získávání tepla, který dokáže přenášet kromě tepla také část vlhkosti.

Dalším možným řešením je řízení přívodu větracího vzduchu například podle čidla oxidu uhličitého, nebo prosté snížení výkonu. Jednotka tak nemusí pracovat celou dobu na maximum svého výkonu, což kromě snížení spotřeby energie má za následek také snížení množství přírodního vysušeného vzduchu a snížení hladiny hluku.

Dalším řešením jsou například přenosné, tzv. lokální zvlhčovače vzduchu. Tyto zvlhčovače mohou být parní (obrázek 4.29) nebo ultrazvukové. Podobnou funkci mohou plnit také například květináče.





*Obrázek 4.29 – lokální parní zvlhčovač vzduchu [36]*



## 5 ZÁVĚR

Cílem této práce bylo navrhnout systémy nuceného větrání a mechanického chlazení pro třípodlažní multifunkční dům se zubními ordinacemi.

V první části práce byl proveden výpočet tepelné zátěže všech klimatizovaných místností a také byla obálkovou metodou určena tepelná ztráta celého objektu v zimním období. Celkový tepelný zisk klimatizovaných prostor činí 6905 W a návrhová tepelná ztráta objektu je 7850 W.

Pro chlazení zubařských ordinací byly zvoleny vodou chlazené fan coil jednotky a pro chlazení obytných jednotek ve druhém a třetím patře systém chladicích sendvičových sádkartonových stropních konstrukcí Variotherm. Oba druhy chladicích zařízení byly dimenzovány tak, aby byly schopny pokrýt i vyšší tepelnou zátěž než jaká byla spočítána. Celá chladicí soustava je napojená na jediný zdroj chladu, a sice tepelné čerpadlo typu vzduch-voda Dimplex LA 18S, které v reverzním režimu umožňuje využít celou chladicí soustavu také na přitápění v zimním období.

Tepelné čerpadlo bude regulováno pomocí řídicí jednotky na základě informací z čidla venkovní teploty a čidla teploty chladicí vody v akumulární nádrži. Regulace chladicích stropů bude realizována pokojovým termostatem PIANO HK(T) na základě informací z čidla rosného bodu a prostorové teploty interiéru. Fan coil jednotky budou regulovány za pomoci konzole s digitálním displejem a karty Power Omnibus.

Větrání bylo navrženo v podobě dvou nezávislých větracích okruhů, z nichž první, poháněný rekuperační jednotkou DUPLEX 370 EC5.RD5.CF, slouží k větrání lékařského zařízení v 1. NP a druhý, poháněný jednotkou Domekt R 450 VE, větrá bytové jednotky v 2. NP a 3. NP.

Jednotka Duplex bude řízena digitální regulací RD5 a jednotka Domekt pomocí panelu C6.1.

Celý systém větrání a chlazení byl navržen tak, aby zajišťoval maximálně tichý provoz.



---

## SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] Venkovní výpočtové teploty a otopná období dle lokalit. *Tzb info* [online]. [cit. 2018-02-18]. Dostupné z: <http://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/25-venkovni-vypoctove-teploty-a-otopna-obdobi-dle-lokalit>
- [2] *Katalog stavebních materiálů* [online]. [cit. 2018-04-03]. Dostupné z: [https://www.tzb-info.cz/docu/tabulky/0000/000068\\_katalog.html#ytong](https://www.tzb-info.cz/docu/tabulky/0000/000068_katalog.html#ytong)
- [3] ČSN 730548: *Výpočet tepelné zátěže klimatizovaných prostorů*. Praha: Vydavatelství Úřadu pro normalizaci a měření, 1985.
- [4] *PROJEKT III. (IV.) - Vzduchotechnika: Popis výpočtu tepelné zátěže klimatizovaných prostor podle ČSN* [online]. v Praze, 2011 [cit. 2018-02-18]. Dostupné z: [http://www.users.fs.cvut.cz/~zmrhavla/Projekt3/Podklady/01\\_Vypocet%20tepelne%20zateze.pdf](http://www.users.fs.cvut.cz/~zmrhavla/Projekt3/Podklady/01_Vypocet%20tepelne%20zateze.pdf). ČVUT.
- [5] *Komfovent* [online]. [cit. 2018-02-18]. Dostupné z: <http://www.komfovent.com/residential-ventilation-units/domekt-r/405>
- [6] ZMRHAL, Vladimír. *Sálavé chladicí systémy*. Praha: Česká technika - nakladatelství ČVUT, 2009. ISBN 978-80-01-04318-9.
- [7] ZMRHAL, Vladimír. *OPERATIVNÍ TEPLOTA V PROSTORU S CHLADICÍM STROPEM* [online]. , 1-5 [cit. 2018-02-18]. Dostupné z: <http://docplayer.cz/44543943-Operativni-teplota-v-prostoru-s-chladicim-stropem.html>
- [8] ZMRHAL, Vladimír. *SÁLAVÉ CHLADICÍ SYSTÉMY 1.* [online]. 1. června 2009 [cit. 2018-02-18]. Dostupné z: <https://www.asb-portal.cz/tzb/vetrani-a-klimatizace/salave-chladici-systemy-1>.
- [9] Variotherm: *The ModuleStandardCeiling-Classic* [online]. [cit. 2018-02-18]. Dostupné z: <https://www.variotherm.com/en/products/ceiling-coolingheating-drywall/technical-standard-classic.html>
- [10] In: ŠKORPÍK, Jiří. *Transformační technologie: Vznik tlakové ztráty při proudění tekutiny* [online]. 2017 [cit. 2018-02-18]. ISSN 1804-8293. Dostupné z: <http://www.transformacni-technologie.cz/38.html#menu>
- [11] *Eurapo: Integrated comfort systems* [online]. 2017 [cit. 2018-02-18]. Dostupné z: <https://www.eurapo.it/en/products>
- [12] *Dimplex: LA 18S-TU* [online]. [cit. 2018-02-18]. Dostupné z: <http://www.dimplex.de/en/heat-pumps/air-to-water/outdoor-installation/la18s-tu.html>
- [13] *Secespol: TXE ARZ – Pozinkované* [online]. [cit. 2018-02-18]. Dostupné z: <http://www.secespol.com/cz/produkty/nadr-e/akumula-ni-nadr-e-chladu/txe-arz-pozinkovane.html>
- [14] ROMAN, Vavříčka. *Místní ztráty vodovodu* [online]. 4. března 2013 [cit. 2018-02-18]. Dostupné z: [http://users.fs.cvut.cz/~vavrirom/ZTI/mistni\\_ztraty\\_vodovod.pdf](http://users.fs.cvut.cz/~vavrirom/ZTI/mistni_ztraty_vodovod.pdf)

- 
- [15] *IMI hydronic engineering: STK regulační šroubení* [online]. [cit. 2018-02-18]. Dostupné z: <https://www.imi-hydronic.com/sites/EN/cs-cz/Produkty/vyva%C5%BEov%C3%A1n%C3%AD-regulace-a-pohony/vyva%C5%BEovac%C3%AD-ventily/regula%C4%8Dn%C3%AD-%C5%A1rouben%C3%AD/STK/8c9c9f10-d750-4189-b666-841fdb73bc18>
- [16] BAŠTA, Jiří. *Návrh expanzní nádoby* [online]. 16. října 2002 [cit. 2018-02-18]. Dostupné z: <http://vytapani.tzb-info.cz/teorie-a-schemata/1156-navrh-expanzni-nadoby>
- [17] *Reflex: Reflex NG* [online]. [cit. 2018-02-18]. Dostupné z: <http://reflex.cadprofi.com/reflex-ng?sort=p.ean&order=ASC&limit=25>
- [18] *TZB info: Výpočet pojistného ventilu pro kotle a výměníky tepla* [online]. [cit. 2018-02-18]. Dostupné z: <http://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/43-vypocet-pojistneho-ventilu-pro-kotle-a-vymeniky-tepla>
- [19] *Grundfos: Dimenzování* [online]. [cit. 2018-02-18]. Dostupné z: <https://www.citacepro.com/dok/yDqO3UacOi9tWZsp>
- [20] 92/2012 Sb.: *Vyhláška o požadavcích na minimální technické a věcné vybavení zdravotnických zařízení a kontaktních pracovišť domácí péče*. In: . 2012. Dostupné také z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2012-92>
- [21] *Vyhláška č. 284/2017 Sb.: Vyhláška, kterou se mění vyhláška č. 92/2012 Sb., o požadavcích na minimální technické a věcné vybavení zdravotnických zařízení a kontaktních pracovišť domácí péče*. In: . 2017. Dostupné také z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2017-284>
- [22] ČSN EN 15665 (127021): *Větrání budov - Stanovení výkonových kritérií pro větrací systémy obytných budov*. 2009.
- [23] *Elektrodesign ventilátory s.r.o.* [online]. 2009 [cit. 2018-02-19]. Dostupné z: <http://www.elektrodesign.cz/>
- [24] *Lindab* [online]. 2018 [cit. 2018-02-19]. Dostupné z: <http://www.lindab.com/global/pro/products/Pages/SHH.aspx>
- [25] *Trox technic: The art of handling air* [online]. 2018 [cit. 2018-02-19]. Dostupné z: <https://www.trox.cz/>
- [26] *Venta: Sání přechod fasádní s klapkou a servopohonem SPF-SCM24GL* [online]. 2018 [cit. 2018-02-19]. Dostupné z: <https://www.koupelny-venta.cz/37207,sani-prechod-fasadni-s-klapkou-a-servopohonem-spf-scm24gl.html?id=47012>
- [27] DRKAL, František, Miloš LAIN, Jan SCHWARZER a Vladimír ZMRHAL. *VZDUCHOTECHNIKA*. Praha: ČVUT, 2009.
- [28] IDEL'CHIK, I.E. *Handbook of Hydraulic Resistance*. 3, ilustrované vydání. Jaico Publishing House, 2005. ISBN 8179921182.
-

---

**[29]** DUFKA, Jaroslav. *Větrání a klimatizace domů a bytů*. 2., přeprac. vyd. Praha: Grada, 2005. Profi & hobby. ISBN 80-247-1144-3.

**[30]** ZIKÁN, Zdeněk. *Zpětné získávání tepla a větrání objektů* [online]. 22. 3. 2010 [cit. 2018-03-01]. Dostupné z: <http://vetrani.tzb-info.cz/vetrani-s-rekuperaci/6325-zpetne-ziskavani-tepla-a-vetrani-objektu>

**[31]** POSTUPA, Martin. *Moderní rotační výměníky tepla* [online]. 22. 5. 2017 [cit. 2018-03-01]. Dostupné z: <http://vetrani.tzb-info.cz/vetrani-s-rekuperaci/15795-moderni-rotacni-vymeniky-tepla>

**[32]** *Atrea* [online]. 2018 [cit. 2018-03-01]. Dostupné z: <http://www.atrea.cz/>

**[33]** *Komfovent: C4.1* [online]. In: 2018 [cit. 2018-03-01]. Dostupné z: [https://www.rekuvent.cz/download/1469179718cs\\_\\_4\\_ovladani-komfovent-c41\\_cz.pdf](https://www.rekuvent.cz/download/1469179718cs__4_ovladani-komfovent-c41_cz.pdf)

**[34]** JEDELSKÝ, Jan. *Hluk a vibrace: Zdroje hluku ve vzduchotechnice* [online]. 2017 [cit. 2018-03-01]. Dostupné z: [https://moodle.vutbr.cz/pluginfile.php/360623/mod\\_resource/content/1/HV09-Zdroje%20hluku%20%28v%20technice%20prost%C5%99ed%C3%AD%29-I.pdf](https://moodle.vutbr.cz/pluginfile.php/360623/mod_resource/content/1/HV09-Zdroje%20hluku%20%28v%20technice%20prost%C5%99ed%C3%AD%29-I.pdf). Prezentace. VUT v Brně.

**[35]** *Geniální dům: Vyřešte problémy se suchým vzduchem – zvlhčete ho* [online]. 2018 [cit. 2018-03-01]. Dostupné z: <http://www.genialnidum.cz/vyreste-problemy-se-suchym-vzduchem-zvlhceteho/>

**[36]** *Zvlhčovač vzduchu Clean Air Optima CA-604W bílý*. In: *Gavri.cz* [online]. 2018 [cit. 2018-04-03]. Dostupné z: <https://www.gavri.cz/ultrazvukove-zvlhcovace-vzduchu/zvlhcovac-vzduchu-clean-air-optima-ca-604w-bily/>



**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

<b><u>Zkratka / symbol</u></b>	<b><u>Jednotka</u></b>	<b><u>Definice</u></b>
<b>KAPITOLA 1</b>		
1. NP	[-]	První nadzemní patro
1. PP	[-]	První podzemní patro
2. NP	[-]	Druhé nadzemní patro
3. NP	[-]	Třetí nadzemní patro
$d_i$	[-]	Tloušťka i-té konstrukce
$R_i$	$[m^2/W \cdot K]$	Odpor přestupu tepla i-té konstrukce
$R_{se}$	$[m^2/W \cdot K]$	Odpor přestupu tepla na vnější straně konstrukce
$R_{si}$	$[m^2/W \cdot K]$	Odpor přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce
SDK	[-]	Sádrokarton
$U_k$	$[W/m^2 \cdot K]$	Součinitel prostupu tepla konstrukcí
$\lambda$	$[W/m \cdot K]$	Součinitel tepelné vodivosti
<b>KAPITOLA 2</b>		
$c$	[m]	Hloubka okna vzhledem k horní stínicí desce
$c$	$[J/kg \cdot K]$	Měrná tepelná kapacita vzduchu
$c_0$	[-]	Korekce na čistotu atmosféry
$c_1$	[-]	Součinitel současnosti používání
$c_2$	[-]	Zbytkový součinitel
$c_3$	[-]	Součinitel průměrného zatížení zdroje
$d$	[m]	Hloubka okna
$e_1$	[m]	Délka okenního stínu
$e_2$	[m]	Délka okenního stínu
$f$	[m]	Odstup svislé části okna od slunolamů
$g$	[m]	Odstup vodorovné části okna od slunolamů
$h$	[°]	Výška slunce
$H$	[m]	Výška zasklené části okna
$h_{n.m}$	[m]	Nadmořská výška
$I_0$	$[W/m^2]$	Intenzita sluneční radiace procházející jednoduchým zasklením
$I_{0d}$	$[W/m^2]$	Intenzita difuzní sluneční radiace procházející jednoduchým zasklením

$i_d$	[-]	Počet dětí
$I_d$	$[W/m^2]$	Intenzita difuzní sluneční radiace
$I_D$	$[W/m^2]$	Intenzita přímé sluneční radiace na orientovanou plochu
$I_{DK}$	$[W/m^2]$	Intenzita přímé sluneční radiace
$i_m$	[-]	Počet mužů
$i_z$	[-]	Počet žen
$L$	[m]	Délka zasklené části okna
$M$	[-]	Číslo měsíce
$M$	[kg]	Hmotnost konstrukcí pro akumulaci tepla
$n$	[-]	Počet hodin výpočtu
$n_0$	[-]	Počet oken
$P$	[W]	Příkon svítidel, resp. elektrických zařízení
$Q_c$	[W]	Maximální celkový tepelný zisk klimatizovaného prostoru
$Q_{el}$	[W]	Tepelný zisk od elektrických zařízení
$Q_L$	[W]	Tepelný zisk od lidí
$Q_l$	[W]	Tepelný zisk přívodem větracího vzduchu
$Q_{np}$	[W]	Tepelný zisk z neklimatizovaných prostor
$Q_{or}$	[W]	Tepelný zisk okny radiací
$Q_{or,m}$	[W]	Průměrná hodnota tepelných zisků sluneční radiací
$Q_{ori}$	[W]	Prostup tepla okny radiací
$Q_S$	[W]	Tepelný zisk vnějšími stěnami
$Q_{SV}$	[W]	Tepelný zisk od svítidel
$s$	[-]	Stínicí součinitel
$S$	$[m^2]$	Plocha konstrukce
$S_o$	$[m^2]$	Osvětlená plocha
$S_{OS}$	$[m^2]$	Osluněná plocha okna
$T_D$	[-]	Celkový poměr propustnosti sluneční radiace standardním sklem
$T_d$	[-]	Celkový poměr propustnosti difuzní sluneční radiace standardním sklem
$t_e$	$[^{\circ}C]$	Vnější výpočtová teplota
$t_i$	$[^{\circ}C]$	Vnitřní teplota vzduchu
$t_p$	$[^{\circ}C]$	Teplota přiváděného vzduchu
$t_{r,i}$	$[^{\circ}C]$	Rovnocenná sluneční teplota pro kolmo



---

		orientovanou plochu
$t_{r,m}$	[°C]	Průměrná sluneční teplota na kolmou plochu
$U_{ok}$	[W/m <sup>2</sup> ·K]	Součinitel prostupu tepla oknem
$V_l$	[m <sup>3</sup> /s]	Objemový tok přiváděného vzduchu
$z$	[-]	Součinitel znečištění atmosféry
$\alpha$	[°]	Sluneční azimut
$\alpha_e$	[W/m <sup>2</sup> ·K]	Součinitel přestupu tepla na vnější straně
$\delta$	[°]	Sluneční deklinace
$\Delta Q$	[W]	Snížení maximální hodnoty tepelných zisků od oslunění oken
$\Delta t$	[K]	Maximální povolené překročení teploty v klimatizovaném prostoru
$\varepsilon$	[-]	Součinitel poměrné tepelné pohltivosti
$\eta_{ZZT}$	[-]	Účinnost zpětného získávání tepla
$\rho$	[kg/m <sup>3</sup> ]	Hustota vzduchu
$\tau$	[h]	Čas výpočtu
$\theta$	[°]	Úhel mezi normálou osluněného povrchu svislé stěny a směrem slunečních paprsků
$\theta_T$	[W]	Celková tepelná ztráta
$\theta_{T,i}$	[W]	Tepelná ztráta prostupem
$\theta_{tep.vazeb}$	[W]	Tepelná ztráta prostupem tepelnými vazbami
$\theta_v$	[W]	Tepelná ztráta větráním

**KAPITOLA 3**


---

$A_p$	[m]	Šířka aktivního panelu
$B_p$	[m]	Délka aktivního panelu
$c_{H_2O}$	[J/kg·K]	Měrná tepelná kapacita vody
$c_{panel}$	[J/kg·K]	Měrná tepelná kapacita panelu
$d_e$	[m]	Vnější průměr potrubí
$d_h$	[m]	Hydraulický průměr potrubí
$d_{hmin}$	[m]	Minimální hydraulický průměr pojistného potrubí
$DN$	[mm]	Světlý průměr potrubí
$g$	[m/s <sup>2</sup> ]	Tíhové zrychlení
$h$	[m]	Výška vodního sloupce
$H$	[m]	Dopravní výška čerpadla
$k$	[mm]	Drsnost potrubí
$L_p$	[m]	Délka hadu na jednom chladicím panelu

---

---

$l_{rov}$	[m]	Délka rovného úseku chladicího hadu
$m$	$[m^{-1}]$	Charakteristické číslo stropního podhledu
$\dot{m}$	[kg/s]	Hmotnostní průtok vody v potrubí
$n$	[-]	Počet řad trubek chladicího hadu
$n$	[-]	Počet i-panelových bloků
$P$	[W]	Maximální výkon zdroje
$p_{atm}$	[Pa]	Atmosférický tlak
$p_{dA}$	[Pa]	Hydrostatický absolutní tlak
$p_{hdov}$	[Pa]	Nejvyšší dovolený přetlak vody v soustavě
$p_{hdovA}$	[Pa]	Nejvyšší dovolený absolutní tlak
$P_o$	[W]	Pojistný výkon
$p_{ot}$	[Pa]	Otevírací tlak pojistného ventilu
$Q_{CH}$	[W]	Výkon chladicího stropu
$Q_{CH,i}$	[W]	Chladicí výkon i-panelového bloku
$q_{CH,i}$	[W/m]	Měrný chladicí výkon hadu i-panelového bloku
$Q_{CH,max}$	[W]	Maximální chladicí výkon
$R$	[m]	Poloměr zahnutí hadice
$R$	[Pa/m]	Měrná tlaková ztráta třením
$Re$	[-]	Reynoldsovo číslo
$R_{vzd}$	$[m^2 \cdot K/W]$	Odpor přestupu tepla nevětranou vzduchovou mezerou
$S_h$	$[m^2]$	Hydraulický průřez
$S_{CH,i}$	$[m^2]$	Chladicí plocha i-tého počtu propojených panelů
$s_i$	[m]	Tloušťka vrstvy materiálu pod osou trubek
$S_o$	$[mm^2]$	Skutečný průřez sedla pojistného ventilu
$S'_o$	$[mm^2]$	Návrhový minimální průřez sedla pojistného ventilu
$S_p$	$[m^2]$	Plocha aktivního panelu
$s_{vzd}$	[m]	Šířka vzduchové mezery
$t_{in}$	$[^{\circ}C]$	Teplota chladicího média na vstupu do chladicího hadu
$t_m$	$[^{\circ}C]$	Střední teplota chladicího média
$t_{min}$	$[^{\circ}C]$	Teplota na vnější stěně přívodní trubky chladicího hadu
$t_p$	$[^{\circ}C]$	Teplota povrchu podhledu na straně do místnosti
$t_R$	$[^{\circ}C]$	Teplota rosného bodu

---

---

TUV	[-]	Teplá užitková voda
$V_e$	[l]	Návrhový objem expanzní nádoby
$w$	[m/s]	Rychlost proudění vody v potrubí
$\alpha_p$	[W/m <sup>2</sup> ·K]	Součinitel přestupu tepla na straně do místnosti
$\alpha_{pb}$	[W/m <sup>2</sup> ·K]	Součinitel přestupu tepla konvekcí na vrchní straně podhledu
$\alpha_w$	[-]	Výtokový součinitel
$\delta_{panel}$	[m]	Tloušťka aktivního panelu
$\Delta p_c$	[Pa]	Celková tlaková ztráta
$\Delta p_m$	[Pa]	Tlaková ztráta místními odpory
$\Delta p_{okruh}$	[Pa]	Tlaková ztráta okruhu
$\Delta p_t$	[Pa]	Tlaková ztráta třením
$\Delta p_z$	[Pa]	Tlaková ztráta fan coilové jednotky
$\Delta t$	[K]	Zvolený teplotní spád chladicího systému
$\varepsilon$	[-]	Absolutní drsnost potrubí
$\eta$	[-]	Stupeň využití expanzní nádoby
$\lambda$	[-]	Součinitel tření
$\Lambda_a$	[W/m <sup>2</sup> ·K]	Součinitel tepelné propustnosti vrstev pod trubkami
$\Lambda_b$	[W/m <sup>2</sup> ·K]	Součinitel tepelné propustnosti vrstev nad trubkami
$\lambda_{panel}$	[W/m·K]	Součinitel vedení tepla panelem
$\lambda_{potrubí}$	[W/m·K]	Součinitel vedení tepla stěnou potrubí
$\lambda_{vzd}$	[W/m·K]	Ekvivalentní součinitel tepelné vodivosti vzduchové mezery
$\xi_{180^\circ}$	[-]	Součinitel místní ztráty 180° oblouku
$\Sigma \xi$	[-]	Suma součinitelů místních ztrát
$\varphi_i$	[%]	Relativní vlhkost vnitřního vzduchu

**KAPITOLA 4**


---

D	[m]	Vnitřní průměr hadice
i	[-]	Číslo úseku
l	[m]	Délka potrubí
n	[h <sup>-1</sup> ]	Intenzita výměny vzduchu
Q	[-]	Koeficient pro ztrátu v ohybu
$w_b$	[m/s]	Rychlost proudění vzduchu v odbočce
$w_c$	[m/s]	Rychlost proudění vzduchu v hlavní větvi

---

---

$Z$	[m]	Ekvivalentní délka
$\alpha$	[°]	Úhel odbočení
$\Delta p_i$	[Pa]	Tlaková ztráta úseku
$\xi_b$	[-]	Součinitel místní ztráty v odbočce
$\xi_{c,b}$	[-]	Součinitel vřazeného odporu mezi hlavní větví a odbočkou
$\rho$	[kg/m <sup>3</sup> ]	Hustota vzduchu

---

## SEZNAM PŘÍLOH

P1	Výpočet součinitelů prostupu tepla stavebních konstrukcí .....	107
P2	Hydraulika chladicího systému .....	110
P3	Chladicí stropy .....	115
P4	Expanzní a pojistná zařízení .....	126
P5	Technická data zařízení chladicího systému .....	129
P6	Hydraulika vzduchotechnického systému .....	131
P7	Vzduchotechnické jednotky .....	138

## SEZNAM VÝKRESOVÉ DOKUMENTACE

<u>Číslo výkresu</u>	<u>Popis</u>
01	1. PP CHLAZENÍ
02	1. NP CHLAZENÍ
03	2. NP CHLAZENÍ
04	3. NP CHLAZENÍ
05	ROZVINUTÉ SCHÉMA CHLAZENÍ
06	1. PP VZDUCHOTECHNIKA
07	1. NP VZDUCHOTECHNIKA
08	2. NP VZDUCHOTECHNIKA
09	3. NP VZDUCHOTECHNIKA
10	ŘEZY VZDUCHOTECHNIKA

## SEZNAM PŘÍLOH NA CD

CD1	Tepelné tisky
CD2	Tepelné ztráty
CD3	Chladicí systémy
CD4	Hydraulika chladicích systémů
CD5	Výroba chladu
CD6	Hydraulika VZT



# P1 VÝPOČET SOUČINITELŮ PROSTUPU TEPLA STAVEBNÍCH KONSTRUKCÍ

## Součinitel prostupu tepla vnější obvodové stěny

OBVODOVÁ STĚNA tl=650mm						
MATERIÁL	d	$\lambda$	R	U <sub>k</sub>		
	[m]	[W/m.K]	[m <sup>2</sup> .K/W]	[W/m <sup>2</sup> .K]		
odpor při přestupu tepla na vnitřní straně vodorovný tepelný tok			0,13			
omítka vápenná	0,02	0,88	0,022727		skladba stěny	
zdivo z CP	0,46	0,80	0,575			
omítka VPC	0,02	0,99	0,020202			
pastovitá omítka	0,002	0,74	0,002703			
lepící malta	0,005	0,97	0,005155			
šedý polystyren	0,14	0,03	4,666667			
silikonová omítka	0,02	0,18	0,111111			
odpor při přestupu tepla na vnější straně vodorovný tepelný tok			0,04			
celkový odpor stěny			5,573564	<b>0,179418</b>	CELKOVÉ U <sub>k</sub> ZDI	

## Součinitel prostupu tepla vnitřní nosné stěny

NOSNÁ STĚNA tl=300mm						
MATERIÁL	d	$\lambda$	R	U <sub>k</sub>		
	[m]	[W/m.K]	[m <sup>2</sup> .K/W]	[W/m <sup>2</sup> .K]		
odpor při přestupu tepla na vnitřní straně vodorovný tepelný tok			0,04			
omítka VPC	0,02	0,99	0,020202		skladba stěny	
zdivo z CP	0,29	0,80	0,3625			
omítka VPC	0,02	0,99	0,020202			
odpor při přestupu tepla na vnější straně vodorovný tepelný tok			0,04			
celkový odpor stěny			0,482904	<b>2,070805</b>	CELKOVÉ U <sub>k</sub> ZDI	

## Součinitel prostupu tepla vnitřní příčky

PŘÍČKA VNITŘNÍ tl=150mm						
MATERIÁL	d	$\lambda$	R	U <sub>k</sub>		
	[m]	[W/m.K]	[m <sup>2</sup> .K/W]	[W/m <sup>2</sup> .K]		
odpor při přestupu tepla na vnitřní straně vodorovný tepelný tok			0,04			
omítka VPC	0,02	0,99	0,020202		skladba stěny	
YTONG	0,125	0,17	0,7352941			
omítka VPC	0,02	0,99	0,020202			
odpor při přestupu tepla na vnější straně vodorovný tepelný tok			0,04			
celkový odpor stěny			0,8556982	<b>1,168636</b>	CELKOVÉ U <sub>k</sub> ZDI	

### Součinitel prostupu tepla stropu 1.NP

STROP NAD 1.NP						
MATERIÁL	d	$\lambda$	R	U <sub>k</sub>		
	[m]	[W/m.K]	[m <sup>2</sup> .K/W]	[W/m <sup>2</sup> .K]		
odpor při přestupu tepla na vnitřní straně tepelný tok směrem dolů			0,17	skladba stropu		
PVC	0,02	0,19	0,105263			
cementový potěr	0,05	1,20	0,041667			
styrofloor T4	0,02	-	0,4			
dřevěný záklop tepelný tok kolmo k vláknům	0,05	0,22	0,227273			
dřevěné trámy + vzduchová mezera	0,26	0,625	0,416			
sádrokarton	0,0125	0,22	0,056818			
omítka VPC	0,02	0,99	0,020202			
odpor při přestupu tepla na vnitřní straně tepelný tok směrem dolů			0,17			
celkový odpor stěny			1,607223	<b>0,622191</b>	CELKOVÉ U <sub>k</sub> STROPU	

**Součinitel přestupu tepla podlahy 2.NP** (podlaha 2.NP je ta samá konstrukce jako strop 1.NP, rozdíl je ale v odporu při přestupu tepla vzhledem k jinému směru tepelného toku)

PODLAHA 2.NP						
MATERIÁL	d	$\lambda$	R	U <sub>k</sub>		
	[m]	[W/m.K]	[m <sup>2</sup> .K/W]	[W/m <sup>2</sup> .K]		
odpor při přestupu tepla na vnitřní straně tepelný tok směrem nahoru			0,1	skladba stropu		
PVC	0,02	0,19	0,105263			
cementový potěr	0,05	1,20	0,041667			
styrofloor T4	0,02	-	0,4			
dřevěný záklop tepelný tok kolmo k vláknům	0,05	0,22	0,227273			
dřevěné trámy + vzduchová mezera	0,26	0,625	0,416			
sádrokarton	0,0125	0,22	0,056818			
omítka VPC	0,02	0,99	0,020202			
odpor při přestupu tepla na vnitřní straně tepelný tok směrem nahoru			0,1			
celkový odpor stěny			1,467223	<b>0,68156</b>	CELKOVÉ U <sub>k</sub> PODLAHY	



### Součinitel prostupu tepla stropu 2.NP

STROP 2.NP						
MATERIÁL	d	$\lambda$	R	U <sub>k</sub>		
	[m]	[W/m.K]	[m <sup>2</sup> .K/W]	[W/m <sup>2</sup> .K]		
odpor při přestupu tepla na vnitřní straně tepelný tok směrem dolů			0,17		skladba stropu	
PVC	0,02	0,19	0,105263			
cementový potěr	0,05	1,20	0,041667			
styrofloor T4	0,02	-	0,4			
dřevěný záklop tepelný tok kolmo k vláknům	0,05	0,22	0,227273			
dřevěné trámy + vzduchová mezera	0,26	0,625	0,416			
sádrokarton	0,0125	0,22	0,056818			
omítka VPC	0,02	0,99	0,020202			
odpor při přestupu tepla na vnitřní straně tepelný tok směrem dolů			0,17			
celkový odpor stěny			1,607223	<b>0,622191</b>	CELKOVÉ U <sub>k</sub> STROPU	

### Součinitel prostupu tepla podlahy 3.NP

PODLAHA 3.NP						
MATERIÁL	d	$\lambda$	R	U <sub>k</sub>		
	[m]	[W/m.K]	[m <sup>2</sup> .K/W]	[W/m <sup>2</sup> .K]		
odpor při přestupu tepla na vnitřní straně tepelný tok směrem nahoru			0,1		skladba stropu	
PVC	0,02	0,19	0,105263			
cementový potěr	0,05	1,20	0,041667			
styrofloor T4	0,02	-	0,4			
dřevěný záklop tepelný tok kolmo k vláknům	0,05	0,22	0,227273			
dřevěné trámy + vzduchová mezera	0,26	0,625	0,416			
sádrokarton	0,0125	0,22	0,056818			
omítka VPC	0,02	0,99	0,020202			
odpor při přestupu tepla na vnitřní straně tepelný tok směrem nahoru			0,1			
celkový odpor stěny			1,467223	<b>0,68156</b>	CELKOVÉ U <sub>k</sub> PODLAHY	

## P2 HYDRAULIKA CHLADICÍHO SYSTÉMU

### *Místní odpory tvarovek a prvků úseků měděného potrubí*

MÍSTNÍ ODPORY - Cu POTRUBÍ					
úsek	název	DN	$\xi$	počet	$\Sigma \xi_i$
		[mm]	[-]		[-]
1	koleno 90°	39	0,35	5	1,75
	výtok z AN	39	1	1	1
	ZK	39	5	1	5
	napojení na čerpadlo	39	1,5	1	1,5
	KK	39	2	2	4
1z	koleno 90°	39	0,35	5	1,75
	KK	39	2	1	2
	vtok do AN	39	0,5	1	0,5
2	T-kus odbočení (rozdělení)	16	1,3	1	1,3
	koleno 90°	16	0,35	2	0,7
2z	T-kus odbočení (spojení)	16	0,9	1	0,9
	koleno 90°	16	0,35	2	0,7
3	regulační šroubení	15	0	1	0
	T-kus odbočení (rozdělení)	15	1,3	1	1,3
	redukce na nižší DN	15	0,5	1	0,5
3z	T-kus odbočení (spojení)	15	0,9	1	0,9
	redukce na vyšší DN	15	1	1	1
4	koleno 90°	15	0,35	1	0,35
	regulační šroubení	15	0	1	0
	T-kus průchod (rozdělení)	15	0,3	1	0,3
	redukce na nižší DN	15	0,5	1	0,5
4z	koleno 90°	13	0,35	1	0,35
	T-kus průchod (spojení)	13	0,6	1	0,6
	redukce na vyšší DN	13	1	1	1
5	T-kus průchod (rozdělení)	39	0,3	1	0,3
	směšovací armatura	39	12	1	12
5z	T-kus průchod (spojení)	39	0,6	1	0,6
6	T-kus odbočení (rozdělení)	27	1,3	1	1,3
	koleno 90°	27	0,35	2	0,7
	redukce na nižší DN	27	0,5	1	0,5
6z	T-kus odbočení (spojení)	27	0,9	1	0,9
	koleno 90°	27	0,35	2	0,7
	redukce na vyšší DN	27	1	1	1
7	T-kus odbočení (rozdělení)	16	1,3	1	1,3
	redukce na menší DN	16	0,5	1	0,5
	napojení na rozdělovač	16	5	1	5
7z	T-kus odbočení (spojení)	16	0,9	1	0,9
	redukce na větší DN	16	1	1	1
10	T-kus průchod (rozdělení)	25	0,3	2	0,6
10z	T-kus průchod (spojení)	25	0,6	2	1,2
11	T-kus odbočení (rozdělení)	16	1,3	1	1,3
	napojení na rozdělovač	16	5	1	5
	koleno 90°	16	0,35	2	0,7
	redukce na menší DN	16	0,5	1	0,5
11z	T-kus odbočení (spojení)	16	0,9	1	0,9
	koleno 90°	16	0,35	2	0,7
	redukce na vyšší DN	16	1	1	1

14	T-kus průchod (rozdělení)	16	0,3	1	0,3
	koleno 90°	16	0,35	3	1,05
	napojení na rozdělovač	16	5	1	5
	redukce na menší DN	16	0,5	1	0,5
	směšovací armatura	16	12	1	12
14z	koleno 90°	16	0,35	1	0,35
	T-kus průchod (spojení)	16	0,6	1	0,6
	redukce na vyšší DN	16	1	1	1
19	koleno 90°	32	0,35	1	0,35
	T-kus průchod (rozdělení)	32	0,3	1	0,3
	redukce na menší DN	32	0,5	1	0,5
19z	koleno 90°	32	0,35	1	0,35
	T-kus průchod (spojení)	32	0,6	1	0,6
	redukce na vyšší DN	32	1	1	1
20	T-kus odbočení (rozdělení)	26	1,5	1	1,5
	koleno 90°	26	0,35	1	0,35
	redukce na menší DN	26	0,5	1	0,5
20z	T-kus odbočení (spojení)	26	3	1	3
	koleno 90°	26	0,35	1	0,35
	redukce na vyšší DN	26	1	1	1
21	T-kus odbočení (rozdělení)	16	1,3	1	1,3
	koleno 90°	16	0,35	2	0,7
	napojení na rozdělovač	16	5	1	5
	redukce na menší DN	16	0,5	2	1
21z	koleno 90°	16	0,35	2	0,7
	T-kus odbočení (spojení)	16	0,9	1	0,9
	redukce na vyšší DN	16	0,5	1	0,5
25	T-kus průchod (rozdělení)	26	0,3	1	0,3
25z	T-kus průchod (spojení)	26	0,6	1	0,6
26	T-kus odbočení (rozdělení)	16	1,3	1	1,3
	koleno 90°	16	0,35	2	0,7
	napojení na rozdělovač	16	5	1	5
	redukce na menší DN	16	0,5	1	0,5
26z	T-kus odbočení (spojení)	16	0,6	1	0,6
	koleno 90°	16	0,35	2	0,7
	redukce na vyšší DN	16	1	1	1
30	směšovací armatura	16	12	1	12
	redukce na menší DN	16	0,5	1	0,5
	T-kus průchod (rozdělení)	16	0,3	1	0,3
	koleno 90°	16	0,35	2	0,7
	napojení na rozdělovač	16	5	1	5
30z	koleno 90°	16	0,35	2	0,7
	T-kus průchod (spojení)	16	0,6	1	0,6
	redukce na větší DN	16	1	1	1
34	koleno 90°	16	0,35	2	0,7
	redukce na menší DN	16	0,5	1	0,5
	T-kus odbočení (rozdělení)	16	1,5	1	1,5
	napojení na rozdělovač	16	5	1	5
34z	koleno 90°	16	0,35	2	0,7
	redukce na vyšší DN	16	1	1	1
	T-kus odbočení (spojení)	16	3	1	3

### Místní odpory úseků Variotherm potrubí

MÍSTNÍ ODPORY - Variotherm potrubí					
úsek	radius oblouku	průměr potrubí	úhel oblouku	počet oblouků	místní odpor dané typu oblouku
	r	d <sub>h</sub>	φ		Σξ <sub>i</sub>
	[m]	[m]	[°]		[-]
8	0,075	0,012	90	0	0
	0,075	0,012	45	2	0,988950999
8z	0,075	0,012	90	1	1,398587916
	0,075	0,012	45	0	0
9	0,075	0,012	90	0	0
	0,075	0,012	45	2	0,988950999
9z	0,075	0,012	90	1	1,398587916
	0,075	0,012	45	0	0
12	0,075	0,012	90	0	0
	0,075	0,012	45	2	0,988950999
12z	0,075	0,012	90	1	1,398587916
	0,075	0,012	45	0	0
13	0,075	0,012	90	0	0
	0,075	0,012	45	2	0,988950999
13z	0,075	0,012	90	1	1,398587916
	0,075	0,012	45	0	0
15	0,075	0,012	90	2	2,797175831
	0,075	0,012	45	0	0
15z	0,075	0,012	90	2	2,797175831
	0,075	0,012	45	0	0
16	0,075	0,012	90	2	2,797175831
	0,075	0,012	45	0	0
16z	0,075	0,012	90	2	2,797175831
	0,075	0,012	45	0	0
17	0,075	0,012	90	2	2,797175831
	0,075	0,012	45	0	0
17z	0,075	0,012	90	2	2,797175831
	0,075	0,012	45	0	0
18	0,075	0,012	90	2	2,797175831
	0,075	0,012	45	0	0
18z	0,075	0,012	90	2	2,797175831
	0,075	0,012	45	0	0
22	0,075	0,012	90	1	1,398587916
	0,075	0,012	45	0	0
22z	0,075	0,012	90	3	4,195763747
	0,075	0,012	45	0	0
23	0,075	0,012	90	1	1,398587916
	0,075	0,012	45	0	0
23z	0,075	0,012	90	3	4,195763747
	0,075	0,012	45	0	0
24	0,075	0,012	90	1	1,398587916
	0,075	0,012	45	0	0
24z	0,075	0,012	90	3	4,195763747
	0,075	0,012	45	0	0
27	0,075	0,012	90	1	1,398587916
	0,075	0,012	45	0	0
27z	0,075	0,012	90	3	4,195763747
	0,075	0,012	45	0	0

28	0,075	0,012	90	1	1,398587916
	0,075	0,012	45	0	0
28z	0,075	0,012	90	3	4,195763747
	0,075	0,012	45	0	0
29	0,075	0,012	90	1	1,398587916
	0,075	0,012	45	0	0
29z	0,075	0,012	90	3	4,195763747
	0,075	0,012	45	0	0
31	0,075	0,012	90	3	4,195763747
	0,075	0,012	45	0	0
31z	0,075	0,012	90	3	4,195763747
	0,075	0,012	45	0	0
32	0,075	0,012	90	3	4,195763747
	0,075	0,012	45	0	0
32z	0,075	0,012	90	3	4,195763747
	0,075	0,012	45	0	0
33	0,075	0,012	90	3	4,195763747
	0,075	0,012	45	0	0
33z	0,075	0,012	90	3	4,195763747
	0,075	0,012	45	0	0
35	0,075	0,012	90	2	2,797175831
	0,075	0,012	45	0	0
35z	0,075	0,012	90	2	2,797175831
	0,075	0,012	45	0	0
36	0,075	0,012	90	2	2,797175831
	0,075	0,012	45	0	0
36z	0,075	0,012	90	2	2,797175831
	0,075	0,012	45	0	0

### ***Místní odpory okruhu tepelného čerpadla***

<b>MÍSTNÍ ODPORY</b>					
název	DN	$\xi$	počet	$\Sigma \xi_i$	úsek
	[mm]	[-]		[-]	
koleno 90°	32	0,35	7	2,45	1 <sub>Tč</sub>
KK	32	2	1	2	
výtok z AN	32	1	1	1	
koleno 90°	32	0,35	7	2,45	1 <sub>Tčz</sub>
KK	32	2	1	2	
filtr	32	4,9	1	4,9	
vtok do AN	32	0,5	1	0,5	

**Navýšení tlakových ztrát okruhů přes jednotlivá chladicí zařízení  
při hydraulické regulaci**

REGULACE						
místnost	okruh	tlaková ztráta okruhu	regulační zařízení	průtok vody regulačním zařízením	navýšení tlakové ztráty	finální tlaková ztráta okruhu
		$\Delta p_{\text{okruh}}$		$m_w$	$\Delta p$	$\Delta p_{\text{okruh}}$
		[kPa]		[kg/h]	[kPa]	[kPa]
1.11	1	20,31	regulační šroubení STK	214,54	18,20	<b>38,51</b>
1.13	1	20,93	regulační šroubení STK	248,01	17,60	<b>38,53</b>
2.05	1	25,07	rozdělovač C	100,46	13,50	<b>38,57</b>
	2	25,10	rozdělovač C	100,46	13,50	<b>38,60</b>
	3	24,94	rozdělovač C	100,46	13,60	<b>38,54</b>
	4	24,97	rozdělovač C	100,46	13,60	<b>38,57</b>
2.06	1	25,99	rozdělovač B	125,57	12,60	<b>38,59</b>
	2	25,76	rozdělovač B	125,57	12,80	<b>38,56</b>
2.07	1	33,92	rozdělovač A	122,76	4,70	<b>38,62</b>
	2	33,87	rozdělovač A	122,76	4,70	<b>38,57</b>
3.04	1	22,37	rozdělovač F	100,46	16,20	<b>38,57</b>
	2	22,33	rozdělovač F	100,46	16,20	<b>38,53</b>
	3	21,97	rozdělovač F	100,46	16,60	<b>38,57</b>
3.05	1	17,88	rozdělovač E	94,18	20,70	<b>38,58</b>
	2	17,86	rozdělovač E	94,18	20,70	<b>38,56</b>
	3	17,54	rozdělovač E	94,18	21,00	<b>38,54</b>
3.08	1	36,99	rozdělovač G	150,68	1,60	<b>38,59</b>
	2	<b>37,06</b>	rozdělovač G	150,68	<b>1,50</b>	<b>38,56</b>
3.09	1	17,98	rozdělovač D	94,18	20,60	<b>38,58</b>
	2	17,96	rozdělovač D	94,18	20,60	<b>38,56</b>
	3	17,63	rozdělovač D	94,18	20,90	<b>38,53</b>

## P3 CHLADICÍ STROPY

### Stropní chlazení v místnosti 2.05

#### Chladicí výkon stropních panelů v místnosti 2.05

PANELY			
typ panelu	2		
počet panelů	32		
zapojení panelů	8 panelů zapojených do sebe (4x)		
velikost plochy 8 panelů	$S_8$	$[m^2]$	7,2
velikost celkové chladicí plochy	$S_{ch}$	$[m^2]$	28,8
pro 4 panely napojené panely			
délka chladicího hadu	$l_p$	$[m]$	99,68
suma součinitelů místních ztrát napojení	$\Sigma \xi_{nap.}$	$[-]$	17,47
celkový součinitel míst.ztrát	$\Sigma \xi_c$	$[-]$	34,94
chladicí plocha	$S_{ch,i}$	$[m^2]$	7,2
chlazení			
teplota povrchu podhledu	$t_p$	$[^{\circ}C]$	23
tepelná propustnost vrstev pod trubkami	$\Lambda_a$	$[W/m^2.K]$	7,88
tepelná propustnost vrstev nad trubkami	$\Lambda_b$	$[W/m^2.K]$	0,12
charakteristické číslo podhledu	$m$	$[m^{-1}]$	17,79
střední teplota chladicí vody	$t_m$	$[^{\circ}C]$	21,00
chladicí výkon 8-panelové plochy			
[W]			
-233,28			
celkový chladicí výkon			
[W]			
-933,12			

#### Hydraulika jednoho bloku propojených panelů v místnosti 2.05

HYDRAULICKÝ VÝPOČET PRO 8 PROPOJENÝCH PANELŮ			
rychlost proudění vody	$w$	$[m/s]$	0,247077
kinematická viskozita vody při teplotě $t_m$	$\nu$	$[m^2/s]$	1,06E-06
plocha hydraulického průřezu	$S_h$	$[m^2]$	0,000113
Reynoldsovo číslo	$Re$	$[-]$	2,79E+03
pomocný součinitel tření	$\lambda_0$	$[-]$	0,045209
součinitel tření	$\lambda$	$[-]$	0,045209
hmotnostní tok	$m$	$[kg/s]$	0,027904
měrná tlaková ztráta třením	$R$	$[Pa/m]$	114,8328
tlaková ztráta třením	$\Delta p_t$	$[Pa]$	11446,8
tlaková ztráta místními odpory	$\Delta p_m$	$[Pa]$	1065,124
CELKOVÁ TLAKOVÁ ZTRÁTA 8 PROPOJENÝCH PANELŮ			
$\Delta p_c [Pa]$	$\Delta p_c [kPa]$		
12511,92	12,51		

### Kontrolní výpočet kondenzace v místnosti 2.05

KONTROLA KONDENZACE NA STĚNĚ TRUBKY			
měrná tepelná kapacita vody	$C_{H_2O}$	[J/kg.K]	4180
hustota vody pro $t_m$	$\rho_{H_2O}$	[kg/m <sup>3</sup> ]	998,59
zvolený teplotní spád	$\Delta t$	[K]	2,00
tepelný tok	$q$	[W/m]	-2,34023
teplota vody na vstupu	$t_{in}$	[°C]	20,00
teplota vody na výstupu	$t_{out}$	[°C]	22,00
nejnižší teplota na povrchu trubky	$t_{min}$	[°C]	20,24
kontrola kondenzace			
OK			

### Stropní chlazení v místnosti 2.06

#### Chladicí výkon stropních panelů v místnosti 2.06

PANELY			
typ panelu	3		
počet panelů	10		
zapojení panelů	5 panelů zapojených do sebe (2x)		
velikost plochy 5 panelů	$S_5$	[m <sup>2</sup> ]	6
velikost celkové chladicí plochy	$S_{ch}$	[m <sup>2</sup> ]	12
pro 5 panelů napojených na sebe			
délka chladicího hadu	$l_p$	[m]	82,30
suma součinitelů místních ztrát napojení	$\Sigma \xi_{nap.}$	[-]	12,48
celkový součinitel míst.ztrát	$\Sigma \xi_c$	[-]	29,95
chladicí plocha	$S_{ch,i}$	[m <sup>2</sup> ]	6
chlazení			
teplota povrchu podhledu	$t_p$	[°C]	21,5
tepelná propustnost vrstev pod trubkami	$\Lambda_a$	[W/m <sup>2</sup> .K]	7,88
tepelná propustnost vrstev nad trubkami	$\Lambda_b$	[W/m <sup>2</sup> .K]	0,12
charakteristické číslo podhledu	$m$	[m <sup>-1</sup> ]	17,79
střední teplota chladicí vody	$t_m$	[°C]	18,00
chladicí výkon 5-panelové plochy			
[W]			
-291,60			
celkový chladicí výkon			
[W]			
-583,20			



### Hydraulika jednoho bloku propojených panelů v místnosti 2.06

HYDRAULICKÝ VÝPOČET PRO 5 PROPOJENÝCH PANELŮ			
rychlost proudění vody	w	[m/s]	0,308846
kinematická viskozita vody při teplotě $t_m$	$\nu$	[m <sup>2</sup> /s]	1,06E-06
plocha hydraulického průřezu	$S_h$	[m <sup>2</sup> ]	0,000113
Reynoldsovo číslo	Re	[-]	3,49E+03
pomocný součinitel tření	$\lambda_0$	[-]	0,042348
součinitel tření	$\lambda$	[-]	0,042348
hmotnostní tok	m	[kg/s]	0,03488
měrná tlaková ztráta třením	R	[Pa/m]	168,0697
tlaková ztráta třením	$\Delta p_t$	[Pa]	13832,38
tlaková ztráta místními odpory	$\Delta p_m$	[Pa]	1426,506
CELKOVÁ TLAKOVÁ ZTRÁTA 5 PROPOJENÝCH PANELŮ			
$\Delta p_c$ [Pa]	$\Delta p_c$ [kPa]		
15258,89	15,26		

### Kontrolní výpočet kondenzace v místnosti 2.06

KONTROLA KONDENZACE NA STĚNĚ TRUBKY			
měrná tepelná kapacita vody	$c_{H_2O}$	[J/kg.K]	4180
hustota vody pro $t_m$	$\rho_{H_2O}$	[kg/m <sup>3</sup> ]	998,59
zvolený teplotní spád	$\Delta t$	[°C]	2,00
tepelný tok	q	[W/m]	-3,54307
teplota vody na vstupu	$t_{in}$	[°C]	17,00
teplota vody na výstupu	$t_{out}$	[°C]	19,00
nejnižší teplota na povrchu trubky	$t_{min}$	[°C]	17,36
kontrola kondenzace			
OK			

## Stropní chlazení v místnosti 2.07

### Chladicí výkon stropních panelů v místnosti 2.07

PANELY			
typ panelu	4		
počet panelů	18		
zapojení panelů	9 panelů zapojených do sebe (2x)		
velikost plochy 9 panelů	$S_g$	$[m^2]$	5,616
velikost celkové chladicí plochy	$S_{ch}$	$[m^2]$	16,848
pro 9 panelů napojených na sebe			
délka chladicího hadu	$l_p$	$[m]$	143,90
suma součinitelů místních ztrát napojení	$\Sigma \xi_{nap.}$	$[-]$	19,97
celkový součinitel míst.ztrát	$\Sigma \xi_c$	$[-]$	27,46
chladicí plocha	$S_{ch,i}$	$[m^2]$	5,616
chlazení			
teplota povrchu podhledu	$t_p$	$[^{\circ}C]$	21,3
tepelná propustnost vrstev pod trubkami	$\Lambda_a$	$[W/m^2.K]$	7,88
tepelná propustnost vrstev nad trubkami	$\Lambda_b$	$[W/m^2.K]$	0,12
charakteristické číslo podhledu	$m$	$[m^{-1}]$	17,79
střední teplota chladicí vody	$t_m$	$[^{\circ}C]$	18,00
chladicí výkon 9-panelové plochy			
[W]			
-285,07			
celkový chladicí výkon			
[W]			
-570,14			

### Hydraulika jednoho bloku propojených panelů v místnosti 2.07

HYDRAULICKÝ VÝPOČET PRO 9 PROPOJENÝCH PANELŮ			
rychlost proudění vody	$w$	$[m/s]$	0,301928
kinematická viskozita vody při teplotě $t_m$	$\nu$	$[m^2/s]$	1,06E-06
plocha hydraulického průřezu	$S_h$	$[m^2]$	0,000113
Reynoldsovo číslo	$Re$	$[-]$	3,41E+03
pomocný součinitel tření	$\lambda_0$	$[-]$	0,042625
součinitel tření	$\lambda$	$[-]$	0,042625
hmotnostní tok	$m$	$[kg/s]$	0,034099
měrná tlaková ztráta třením	$R$	$[Pa/m]$	161,6766
tlaková ztráta třením	$\Delta p_t$	$[Pa]$	23265,49
tlaková ztráta místními odpory	$\Delta p_m$	$[Pa]$	1249,705
CELKOVÁ TLAKOVÁ ZTRÁTA 9 PROPOJENÝCH PANELŮ			
$\Delta p_c [Pa]$	$\Delta p_c [kPa]$		
24515,20	24,52		

### Kontrolní výpočet kondenzace v místnosti 2.07

KONTROLA KONDENZACE NA STĚNĚ TRUBKY			
měrná tepelná kapacita vody	$c_{H_2O}$	[J/kg.K]	4180
hustota vody pro $t_m$	$\rho_{H_2O}$	[kg/m <sup>3</sup> ]	998,59
zvolený teplotní spád	$\Delta t$	[°C]	2,00
tepelný tok	$q$	[W/m]	-1,981
teplota vody na vstupu	$t_{in}$	[°C]	17,00
teplota vody na výstupu	$t_{out}$	[°C]	19,00
nejnižší teplota na povrchu trubky	$t_{min}$	[°C]	17,20
kontrola kondenzace			
OK			

### Stropní chlazení v místnosti 3.04

#### Chladicí výkon stropních panelů v místnosti 3.04

PANELY			
typ panelu	2		
počet panelů	18		
zapojení panelů	6 panelů zapojených do sebe (3x)		
velikost plochy 6 panelů	$S_6$	[m <sup>2</sup> ]	5,4
velikost celkové chladicí plochy	$S_{ch}$	[m <sup>2</sup> ]	16,2
pro 6 panelů napojených na sebe			
délka chladicího hadu	$l_p$	[m]	74,76
suma součinitelů místních ztrát napojení	$\Sigma \xi_{nap.}$	[-]	12,48
celkový součinitel míst.ztrát	$\Sigma \xi_c$	[-]	29,95
chladicí plocha	$S_{ch,i}$	[m <sup>2</sup> ]	5,4
chlazení			
teplota povrchu podhledu	$t_p$	[°C]	22
tepelná propustnost vrstev pod trubkami	$\Lambda_a$	[W/m <sup>2</sup> .K]	7,88
tepelná propustnost vrstev nad trubkami	$\Lambda_b$	[W/m <sup>2</sup> .K]	0,12
charakteristické číslo podhledu	$m$	[m <sup>-1</sup> ]	17,79
střední teplota chladicí vody	$t_m$	[°C]	19,00
chladicí výkon 6-panelové plochy			
[W]			
-233,28			
celkový chladicí výkon			
[W]			
-699,84			

### Hydraulika jednoho bloku propojených panelů v místnosti 3.04

HYDRAULICKÝ VÝPOČET PRO 6 PROPOJENÝCH PANELŮ			
rychlost proudění vody	w	[m/s]	0,247077
kinematická viskozita vody při teplotě $t_m$	$\nu$	[m <sup>2</sup> /s]	1,06E-06
plocha hydraulického průřezu	$S_h$	[m <sup>2</sup> ]	0,00011
Reynoldsovo číslo	Re	[-]	2,79E+03
pomocný součinitel tření	$\lambda_0$	[-]	0,045209
součinitel tření	$\lambda$	[-]	0,045209
hmotnostní tok	m	[kg/s]	0,027904
měrná tlaková ztráta třením	R	[Pa/m]	114,8327
tlaková ztráta třením	$\Delta p_t$	[Pa]	8585,094
tlaková ztráta místními odpory	$\Delta p_m$	[Pa]	912,9637
CELKOVÁ TLAKOVÁ ZTRÁTA 6 PROPOJENÝCH PANELŮ			
$\Delta p_c$ [Pa]	$\Delta p_c$ [kPa]		
9498,06	9,50		

### Kontrolní výpočet kondenzace v místnosti 3.04

KONTROLA KONDENZACE NA STĚNĚ TRUBKY			
měrná tepelná kapacita vody	$c_{H_2O}$	[J/kg.K]	4180
hustota vody pro $t_m$	$\rho_{H_2O}$	[kg/m <sup>3</sup> ]	998,59
zvolený teplotní spád	$\Delta t$	[°C]	2,00
tepelný tok	q	[W/m]	-3,12031
teplota vody na vstupu	$t_{in}$	[°C]	18,00
teplota vody na výstupu	$t_{out}$	[°C]	20,00
nejnižší teplota na povrchu trubky	$t_{min}$	[°C]	18,32
kontrola kondenzace			
OK			

## Stropní chlazení v místnosti 3.05

### Chladicí výkon stropních panelů v místnosti 3.05

PANELY			
typ panelu	2		
počet panelů	15		
zapojení panelů	5 panelů zapojených do sebe (3x)		
velikost plochy 5 panelů	$S_5$	$[m^2]$	4,5
velikost celkové chladicí plochy	$S_{ch}$	$[m^2]$	13,5
pro 5 panelů napojených na sebe			
délka chladicího hadu	$l_p$	$[m]$	62,30
suma součinitelů místních ztrát napojení	$\Sigma \xi_{nap.}$	$[-]$	9,98
celkový součinitel míst.ztrát	$\Sigma \xi_c$	$[-]$	27,46
chladicí plocha	$S_{ch,i}$	$[m^2]$	4,5
chlazení			
teplota povrchu podhledu	$t_p$	$[^{\circ}C]$	21,5
tepelná propustnost vrstev pod trubkami	$\Lambda_a$	$[W/m^2.K]$	7,88
tepelná propustnost vrstev nad trubkami	$\Lambda_b$	$[W/m^2.K]$	0,12
charakteristické číslo podhledu	$m$	$[m^{-1}]$	17,79
střední teplota chladicí vody	$t_m$	$[^{\circ}C]$	18,00
chladicí výkon 5-panelové plochy			
[W]			
-218,70			
celkový chladicí výkon			
[W]			
-656,10			

### Hydraulika jednoho bloku propojených panelů v místnosti 3.05

HYDRAULICKÝ VÝPOČET PRO 5 PROPOJENÝCH PANELŮ			
rychlost proudění vody	$w$	$[m/s]$	0,231634
kinematická viskozita vody při teplotě $t_m$	$\nu$	$[m^2/s]$	1,06E-06
plocha hydraulického průřezu	$S_h$	$[m^2]$	0,000113
Reynoldsovo číslo	$Re$	$[-]$	2,62E+03
pomocný součinitel tření	$\lambda_0$	$[-]$	0,046093
součinitel tření	$\lambda$	$[-]$	0,046093
hmotnostní tok	$m$	$[kg/s]$	0,02616
měrná tlaková ztráta třením	$R$	$[Pa/m]$	102,9004
tlaková ztráta třením	$\Delta p_t$	$[Pa]$	6410,843
tlaková ztráta místními odpory	$\Delta p_m$	$[Pa]$	735,542
CELKOVÁ TLAKOVÁ ZTRÁTA 5 PROPOJENÝCH PANELŮ			
$\Delta p_c [Pa]$	$\Delta p_c [kPa]$		
7146,39	7,15		

### Kontrolní výpočet kondenzace v místnosti 3.05

KONTROLA KONDENZACE NA STĚNĚ TRUBKY			
měrná tepelná kapacita vody	$C_{H_2O}$	[J/kg.K]	4180
hustota vody pro $t_m$	$\rho_{H_2O}$	[kg/m <sup>3</sup> ]	998,59
zvolený teplotní spád	$\Delta t$	[°C]	2,00
tepelný tok	$q$	[W/m]	-3,51035
teplota vody na vstupu	$t_{in}$	[°C]	17,00
teplota vody na výstupu	$t_{out}$	[°C]	19,00
nejnižší teplota na povrchu trubky	$t_{min}$	[°C]	17,36
kontrola kondenzace			
OK			

### Stropní chlazení v místnosti 3.08

#### Chladicí výkon stropních panelů v místnosti 3.08

PANELY			
typ panelu	2		
počet panelů	16		
zapojení panelů	8 panelů zapojených do sebe (2x)		
velikost plochy 8 panelů	$S_8$	[m <sup>2</sup> ]	7,2
velikost celkové chladicí plochy	$S_{ch}$	[m <sup>2</sup> ]	14,4
pro 8 panelů napojených na sebe			
délka chladicího hadu	$l_p$	[m]	99,68
suma součinitelů místních ztrát napojení	$\Sigma \xi_{nap.}$	[-]	17,47
celkový součinitel míst.ztrát	$\Sigma \xi_c$	[-]	34,94
chladicí plocha	$S_{ch,i}$	[m <sup>2</sup> ]	7,2
chlazení			
teplota povrchu podhledu	$t_p$	[°C]	21,5
tepelná propustnost vrstev pod trubkami	$\Lambda_a$	[W/m <sup>2</sup> .K]	7,88
tepelná propustnost vrstev nad trubkami	$\Lambda_b$	[W/m <sup>2</sup> .K]	0,12
charakteristické číslo podhledu	$m$	[m <sup>-1</sup> ]	17,79
střední teplota chladicí vody	$t_m$	[°C]	18,00
chladicí výkon 8-panelové plochy			
[W]			
-349,92			
celkový chladicí výkon			
[W]			
-699,84			

### Hydraulika jednoho bloku propojených panelů v místnosti 3.08

HYDRAULICKÝ VÝPOČET PRO 8 PROPOJENÝCH PANELŮ			
rychlost proudění vody	w	[m/s]	0,370615
kinematická viskozita vody při teplotě $t_m$	v	[m <sup>2</sup> /s]	1,06E-06
plocha hydraulického průřezu	$S_h$	[m <sup>2</sup> ]	0,000113
Reynoldsovo číslo	Re	[-]	4,19E+03
pomocný součinitel tření	$\lambda_0$	[-]	0,040216
součinitel tření	$\lambda$	[-]	0,040216
hmotnostní tok	m	[kg/s]	0,041856
měrná tlaková ztráta třením	R	[Pa/m]	229,8387
tlaková ztráta třením	$\Delta p_t$	[Pa]	22910,85
tlaková ztráta místními odpory	$\Delta p_m$	[Pa]	2396,53
CELKOVÁ TLAKOVÁ ZTRÁTA 8 PROPOJENÝCH PANELŮ			
$\Delta p_c$ [Pa]	$\Delta p_c$ [kPa]		
25307,38	25,31		

### Kontrolní výpočet kondenzace v místnosti 3.08

KONTROLA KONDENZACE NA STĚNĚ TRUBKY			
měrná tepelná kapacita vody	$c_{H_2O}$	[J/kg.K]	4180
hustota vody pro $t_m$	$\rho_{H_2O}$	[kg/m <sup>3</sup> ]	998,59
zvolený teplotní spád	$\Delta t$	[°C]	2,00
tepelný tok	q	[W/m]	-3,51035
teplota vody na vstupu	$t_{in}$	[°C]	17,00
teplota vody na výstupu	$t_{out}$	[°C]	19,00
nejnižší teplota na povrchu trubky	$t_{min}$	[°C]	17,36
kontrola kondenzace			
OK			

## Stropní chlazení v místnosti 3.09

### Chladicí výkon stropních panelů v místnosti 3.09

PANELY			
typ panelu	2		
počet panelů	15		
zapojení panelů	5 panelů zapojených do sebe (3x)		
velikost plochy 5 panelů	$S_5$	$[m^2]$	4,5
velikost celkové chladicí plochy	$S_{ch}$	$[m^2]$	13,5
pro 5 panelů napojených na sebe			
délka chladicího hadu	$l_p$	$[m]$	62,30
suma součinitelů místních ztrát napojení	$\Sigma \xi_{nap.}$	$[-]$	9,98
celkový součinitel míst.ztrát	$\Sigma \xi_c$	$[-]$	27,46
chladicí plocha	$S_{ch,i}$	$[m^2]$	4,5
chlazení			
teplota povrchu podhledu	$t_p$	$[^{\circ}C]$	21,5
tepelná propustnost vrstev pod trubkami	$\Lambda_a$	$[W/m^2.K]$	7,88
tepelná propustnost vrstev nad trubkami	$\Lambda_b$	$[W/m^2.K]$	0,12
charakteristické číslo podhledu	$m$	$[m^{-1}]$	17,79
střední teplota chladicí vody	$t_m$	$[^{\circ}C]$	18,00
chladicí výkon 5-panelové plochy			
[W]			
-218,70			
celkový chladicí výkon			
[W]			
-656,10			

### Hydraulika jednoho bloku propojených panelů v místnosti 3.09

HYDRAULICKÝ VÝPOČET PRO 5 PROPOJENÝCH PANELŮ			
rychlost proudění vody	$w$	$[m/s]$	0,231634
kinematická viskozita vody při teplotě $t_m$	$\nu$	$[m^2/s]$	1,06E-06
plocha hydraulického průřezu	$S_h$	$[m^2]$	0,000113
Reynoldsovo číslo	$Re$	$[-]$	2,62E+03
pomocný součinitel tření	$\lambda_0$	$[-]$	0,046093
součinitel tření	$\lambda$	$[-]$	0,046093
hmotnostní tok	$m$	$[kg/s]$	0,02616
měrná tlaková ztráta třením	$R$	$[Pa/m]$	102,9004
tlaková ztráta třením	$\Delta p_t$	$[Pa]$	6410,843
tlaková ztráta místními odpory	$\Delta p_m$	$[Pa]$	735,542
CELKOVÁ TLAKOVÁ ZTRÁTA 5 PROPOJENÝCH PANELŮ			
$\Delta p_c [Pa]$	$\Delta p_c [kPa]$		
7146,39	7,15		



### **Kontrolní výpočet kondenzace v místnosti 3.09**

KONTROLA KONDENZACE NA STĚNĚ TRUBKY			
měrná tepelná kapacita vody	$c_{H_2O}$	[J/kg.K]	4180
hustota vody pro $t_m$	$\rho_{H_2O}$	[kg/m <sup>3</sup> ]	998,59
zvolený teplotní spád	$\Delta t$	[°C]	2,00
tepelný tok	$q$	[W/m]	-3,51035
teplota vody na vstupu	$t_{in}$	[°C]	17,00
teplota vody na výstupu	$t_{out}$	[°C]	19,00
nejnižší teplota na povrchu trubky	$t_{min}$	[°C]	17,36
kontrola kondenzace			
OK			

**Pokrytí tepelné zátěže v jednotlivých prostorech chlazených stropním chladicím systémem**

### **Pokrytí tepelné zátěže v obytných místnostech**

místnost	návrhový tepelný zisk	chladicí výkon	pokrytí tepelné zátěže
	[W]	[W]	[%]
2.05	805	-933,12	116
2.06	535	-583,20	109
2.07	540	-570,14	106
3.04	630	-699,84	111
3.05	575	-656,10	114
3.08	620	-699,84	113
3.09	605	-656,10	108

## P4 EXPANZNÍ A POJISTNÁ ZAŘÍZENÍ

### Objem vody v chladicí soustavě

OBJEM VODY V SOUSTAVĚ		
objem vody v zařízeních	V	V
	[m <sup>3</sup> ]	[l]
tepelné čerpadlo	0,0038	3,80
akumulační nádrž	0,3000	300,00
2x fancoil jednotka	0,0016	1,58
chladicí strop 2.05	0,0451	45,10
chladicí strop 2.06	0,0186	18,62
chladicí strop 2.07	0,0326	32,55
chladicí strop 3.04	0,0254	25,37
chladicí strop 3.05	0,0211	21,14
chladicí strop 3.08	0,0225	22,55
chladicí strop 3.09	0,0211	21,14
objem vody v potrubí	V	V
	[m <sup>3</sup> ]	[l]
úseky 1 a 1z	0,01841	18,41
úseky 2 a 2z	0,00214	2,14
úseky 3 a 3z	0,00043	0,43
úseky 4 a 4z	0,00086	0,86
úseky 5 a 5z	0,00784	7,84
úseky 6 a 6z	0,00117	1,17
úseky 7 a 7z	0,00009	0,09
úseky 8 a 8z	0,00078	0,78
úseky 9 a 9z	0,00075	0,75
úseky 10 a 10z	0,00001	0,01
úseky 11 a 11z	0,00118	1,18
úseky 12 a 12z	0,00083	0,83
úseky 13 a 13z	0,00080	0,80
úseky 14 a 14z	0,00033	0,33
úseky 15 a 15z	0,00095	0,95
úseky 16 a 16z	0,00098	0,98
úseky 17 a 17z	0,00082	0,82
úseky 18 a 18z	0,00085	0,85
úseky 19 a 19z	0,00543	5,43
úseky 20 a 20z	0,00105	1,05
úseky 21 a 21z	0,00034	0,34
úseky 22 a 22z	0,00111	1,11
úseky 23 a 23z	0,00109	1,09
úseky 24 a 24z	0,00074	0,74
úseky 25 a 25z	0,00039	0,39
úseky 26 a 26z	0,00014	0,14
úseky 27 a 27z	0,00111	1,11
úseky 28 a 28z	0,00108	1,08
úseky 29 a 29z	0,00074	0,74
úseky 30 a 30z	0,00098	0,98
úseky 31 a 31z	0,00118	1,18
úseky 32 a 32z	0,00115	1,15
úseky 33 a 33z	0,00079	0,79
úseky 34 a 34z	0,00093	0,93
úseky 35 a 35z	0,00080	0,80
úseky 36 a 36z	0,00084	0,84
úseky 1TČ a 1TČz	0,00572	5,72
objem vody soustavě celkem	V	V
	[m <sup>3</sup> ]	[l]
	0,55668	556,68

## Maximální pracovní přetlaky jednotlivých prvků chladicí soustavy

MAXIMÁLNÍ PRACOVNÍ PŘETLAKY JEDNOTLIVÝCH ČÁSTÍ SOUSTAVY	
prvek	maximální provozní přetlak
	$p_h$
	[Mpa]
tepelné čerpadlo vzduch-voda	0,3
akumulační nádrž	0,6
vodou chlazené fancoily	0,3
Cu potrubí DN 39	4
Cu potrubí DN 32	4
Cu potrubí DN 27	4,5
Cu potrubí DN 25	4,5
Cu potrubí DN 16	7,2
Cu potrubí DN 15	7,2
Variotherm potrubí DN 12	1
rozdělovač IVAR	1
regulační šroubení STK	1,6
Grunfos MAGNA3 25-80	1
Grunfos ALPHA2 25-40 130	1
trojcestný směšovací ventil	1
filtr	1,6
kulový kohout	4,2
zpětná klapka	1,2
vypouštěcí kohout	1,6

## Výpočet objemu tlakové expanzní nádoby

OBJEM EXPANZNÍ TLAKOVÉ NÁDOBY			
atmosférický tlak	$p_{atm}$	[kPa]	100,00
hustota vody $t=50\text{ °C}$	$\rho$	[kg/m <sup>3</sup> ]	988,24
výška vodního sloupce nad EN	$h$	[m]	11,60
maximální provozní přetlak v soustavě	$p_h$	[kPa]	300,00
hydrostatický absolutní tlak	$p_{dA}$	[kPa]	212,41
nejvyšší dovolený absolutní tlak	$p_{hdovA}$	[kPa]	370,00
stupěň využití EN	$\eta$	[-]	0,43
součinitel zvětšení objemu	$n$	[-]	0,0116
<b>objem EN</b>	<b><math>V_e</math></b>	<b>[l]</b>	<b>19,71</b>

### ***Výpočet pojistného potrubí***

<b>POJISTNÉ POTRUBÍ</b>			
maximální výkon zdroje	P	[kW]	14
pojistný výkon	P <sub>o</sub>	[kW]	14
minimální DN pojistného potrubí	d <sub>h</sub>	[mm]	12,24
<b>navržené DN pojistného potrubí</b>	<b>DN</b>	<b>[mm]</b>	<b>15</b>
	<b>DN</b>	<b>["]</b>	<b>1/2</b>

### ***Výpočet pojistného ventilu***


<b>POJISTNÝ VENTIL Giacomini</b>			
otevírací přetlak pojistného ventilu	p <sub>ot</sub>	[kPa]	270
výtokový součinitel	α <sub>w</sub>	[-]	0,64
návrhový minimální průřez sedla pojistného ventilu	S' <sub>o</sub>	[mm <sup>2</sup> ]	84,20
<b>skutečný průřez sedla pojistného ventilu</b>	<b>S<sub>o</sub></b>	<b>[mm<sup>2</sup>]</b>	<b>201</b>

## P5 TECHNICKÁ DATA ZAŘÍZENÍ CHLADICÍHO SYSTÉMU

### Technická data jednotky Prisma 512 PH [11]

PRISMA 512 PH

**TECHNICAL DATA (3 rows, max speed-EST)**

 ENERGY SAVING TECHNOLOGY

		512	514	516
<b>Cooling</b> <small>Air temperature 27 °C db, 19 °C wb. Water temperature 7/12 °C</small>	Total cooling capacity [kW]	1,98	2,56	3,81
	Sensible cooling capacity [kW]	1,65	2,12	3,14
	Water flow [l/h]	341	440	655
	Pressure drop [kPa]	9,6	6,5	14,6
<b>Heating</b> <small>2 pipes Air temperature 20 °C Inlet water temperature 45/60 °C</small>	Heating capacity [kW]	2,05	3,04	4,40
	Water flow [l/h]	394	523	757
	Pressure drop [kPa]	10,8	7,3	17,3
<b>Heating</b> <small>4 pipes Air temperature 20 °C Water temperature 65/55 °C</small>	Heating capacity [kW]	1,84	2,39	3,20
	Water flow [l/h]	158	206	275
	Pressure drop [kPa]	4,7	9,3	15,6
<b>Further data</b>	Air flow [m³/h]	456	575	793
	Sound power level [dB(A)]	55,0	59,0	60,0
	Sound pressure level [dB(A)]	45,6	49,6	50,6
	Power input [W]	31	47	42
	Absorbed current [A]	0,33	0,44	0,37
	Water content [l] (2 pipes)	0,79	1,05	1,31

### Technická data regulačního šroubení STK [15]

#### Technický popis

##### Oblast použití:

Soustavy vytápění a chlazení.  
Soustavy s teplou vodou.

##### Funkce:

Přednastavení  
Uzavírání

##### Rozměry:

DN 15-20

##### Tlaková třída:

PN 16

##### Teploty:

Max. pracovní teplota: 120 °C  
Min. pracovní teplota: -10 °C

##### Materiál:

Těleso ventilu: AMETAL®  
Kuzelka: AMETAL®  
Vřeteno: AMETAL®  
O-kroužky: Nitril

AMETAL® je slitina mosazi od IMI Hydronic Engineering odolná proti odzinkování.

##### Povrchová úprava:

Poniklované.

##### Označení:

Těleso označeno značkou TA, TRIM a DN.

### Technická data tepelného čerpadla LA 18S-TU

High-efficiency air-to-water heat pump	
Order reference	LA 18S-TU
Heat pump code	5013
Casing colour	light grey
Max. flow temperature	60 °C
Lower operating limit heat source (heating operation) / Upper operating limit heat source (heating operation)	-22 to 35 °C
Heat output A-7/W35 / COP A-7/W35*	5,6 kW / 3,2
Heat output max. A-7/W35 / COP A-7/W35*	10,6 kW / 3,2
Heat output A2/W35 / COP A2/W35*	7,3 kW / 4,2
Heat output max. A2/W35 / COP A2/W35*	12,3 kW / 3,8
Heat output A7/W35 / COP A7/W35*	8,4 kW / 4,8
Heat output A10/W35 / COP A10/W35*	8,8 kW / 5,2
Nominal power consumption according to EN 14511 at A2/W35	3,24 kW
Nominal power consumption according to EN 14511 at A7/W35	4,44 kW
Sound power level	54 dB (A)
Sound pressure level in 10 m	26 dB (A)
Refrigerant / Amount of refrigerant	R410A / 5,9 kg
Max. heating water flow rate / Pressure drop	3,4 m³/h / 9900 Pa
Heat source flow (min.)	5500 m³/h
Dimensions (W x H x D)**	910 x 1650 x 750 mm
Weight	295 kg
Rated voltage	3/N/PE ~400 V, 50 Hz
Starting current	21 A
Fuse protection***	C 13 A
Type of defrosting	Reverse circulation
Connection heating	1 ¼ inch
Seal of approval EHPA (valid until)	Yes / 03.09.2018

## P6 HYDRAULIKA VZDUCHOTECHNICKÉHO SYSTÉMU

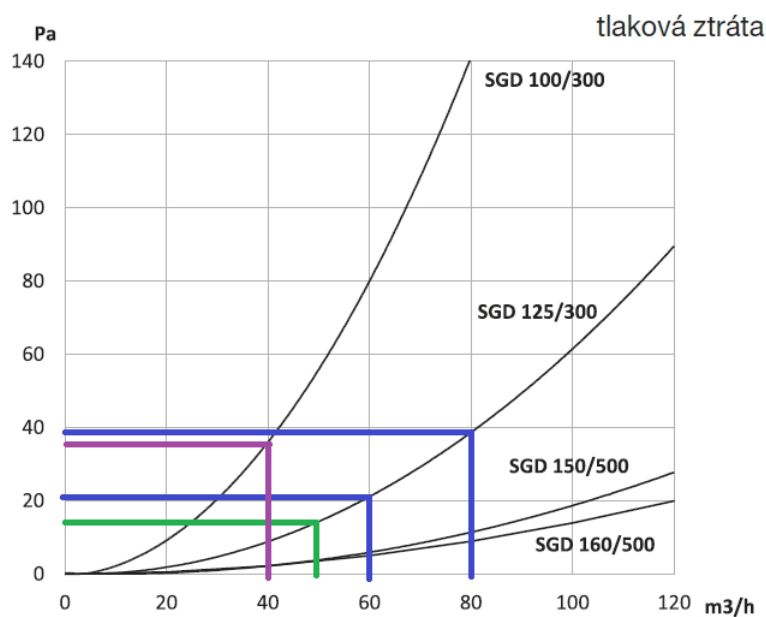
### Tlakové ztráty pružných hadic (SEMIFLEX, SONOFLEX, TERMOFLEX)

výpočet tlakových ztrát pružných hadic											
zařízení	číslo úseku	typ hadice	hydraulický průměr hadice	délka rovných úseků	úhel zakřivení hadice	počet zakřivení	koefficient ztráty v ohybu	ekvivalentní délka	délka hadice	měrná tl.z. uváděná výrobcem	tlaková ztráta hadice
	i		d	$l_{rov}$	$\alpha$	n	Q	Z	l	$R_{hadice}$	$\Delta p_{hadice}$
	[-]		[mm]	[m]	[°]	[-]	[-]	[m]	[m]	[-]	[Pa]
Zař.č.1.01	1-přívod	SONOFLEX	203	1,085	45	2	1,5	2,03	3,115	0,8	2,492
	1-odvod	SONOFLEX	203	1,765	90	1	3	2,03	3,795	0,8	3,036
	7-přívod	TERMOFLEX 50 HYGIENIC	203	1,105	90	1	3	2,03	4,15	0,8	3,320
					45	1	1,5	1,015			
	13-odvod	TERMOFLEX 50 HYGIENIC	203	1,665	45	2	1,5	2,03	3,695	0,8	2,956
	7-odvod	SONOFLEX	127	0,960	90	2	3	2,54	3,5	1,8	6,300
	9-odvod	SEMIFLEX	100	0,335	90	1	3	1	1,835	0,26	0,477
					45	1	1,5	0,5			
	3-odvod	SEMIFLEX	100	0,700	90	1	3	1	2,200	0,7	1,540
					45	1	1,5	0,5			
	4-odvod	SEMIFLEX	125	1,200	45	5	1,5	3,125	4,325	0,9	3,893
	5-odvod	SEMIFLEX	100	0,200	90	1	3	1	1,2	0,7	0,840
Zař.č.2.01	6-odvod	SEMIFLEX	100	0,200	90	1	3	1	1,2	0,7	0,840
	12-odvod	SEMIFLEX	125	0,200	90	1	3	1,25	1,45	0,6	0,870
	1-přívod	SONOFLEX	203	2,300	90	2	3	4,06	6,36	1,45	9,222
	1-odvod	SONOFLEX	203	2,300	90	2	3	4,06	6,36	1,45	9,222
	15-přívod	TERMOFLEX 50 HYGIENIC	203	0,920	90	1	3	2,03	2,95	1,45	4,278
	10-odvod	TERMOFLEX 50 HYGIENIC	203	2,600	90	1	3	2,03	4,63	1,45	6,714
	3-odvod	SEMIFLEX	125	0,700	90	1	3	1,25	1,95	0,46	0,897
	6-odvod	SEMIFLEX	100	0,600	90	1	3	1	1,6	0,26	0,416
	8-odvod	SEMIFLEX	125	0,300	90	1	3	1,25	1,55	1,2	1,860
	9-odvod	SEMIFLEX	125	0,300	90	1	3	1,25	1,55	1,2	1,860

### Výpočet tlakových ztrát tlumičů hluku

tlakové ztráty tlumičů hluku					
zařízení	číslo úseku	název ztlumiče	rozměry tlumiče	popis výpočtu tl.z.	$\Delta p_{tlum.}$ [Pa]
Zař.č.1.01	1-přívod	MAA	Φ200-900	tlaková ztráta se uvažuje jako dvou násobek tl.z. hladkého potrubí	0,89
	3-přívod	telefonní tlumič vsuvný SGD	Φ125-300	tlaková ztráta se určuje z diagramu	14,00
	12-odvod	telefonní tlumič vsuvný SGD	Φ125-300	tlaková ztráta se určuje z diagramu	39,00
Zař.č.2.01	4-přívod	telefonní tlumič vsuvný SGD	Φ125-300	tlaková ztráta se určuje z diagramu	14,00
	6-přívod	telefonní tlumič vsuvný SGD	Φ125-300	tlaková ztráta se určuje z diagramu	20,00
	7-přívod	telefonní tlumič vsuvný SGD	Φ100-300	tlaková ztráta se určuje z diagramu	36,00
	9-přívod	MAA	Φ125-900	tlaková ztráta se uvažuje jako dvou násobek tl.z. hladkého potrubí	1,78
	12-přívod	MAA	Φ125-900	tlaková ztráta se uvažuje jako dvou násobek tl.z. hladkého potrubí	1,78
	5-odvod	telefonní tlumič vsuvný SGD	Φ125-300	tlaková ztráta se určuje z diagramu	14
	8-odvod	MAA	Φ125-900	tlaková ztráta se uvažuje jako dvou násobek tl.z. hladkého potrubí	1,78
	9-odvod	MAA	Φ125-900	tlaková ztráta se uvažuje jako dvou násobek tl.z. hladkého potrubí	1,78

## Diagram pro určování tlakových ztrát vsuvných telefonních tlumičů hluku



## Tlakové ztráty nasávacích a výfukových elementů

tlaková ztráta nasávací a výfukové žaluzie + jejich elementů			
zařízení	číslo úseku	název prvku	tlaková ztráta
	i		$\Delta p$
	[-]		[Pa]
Zař.č.1.01	7-přívod	TWG 355 protidešťová žaluzie + sání přechod fasádní s klapkou a servopohonem SPF-SCM24GL	11,25
	13-odvod	TWG 355 protidešťová žaluzie + sání přechod fasádní s klapkou a servopohonem SPF-SCM24GL	13,35
Zař.č.2.01	15-přívod	TWG 355 protidešťová žaluzie + sání přechod fasádní s klapkou a servopohonem SPF-SCM24GL	19,27
	10-odvod	TWG 355 protidešťová žaluzie + sání přechod fasádní s klapkou a servopohonem SPF-SCM24GL	23,08



## Součinitelé místních odporů tvarovek ve větracím okruhu jednotky Duplex

součinitelé tlakových ztrát tvarovek									
zařízení	číslo úseku (uzel)	název tvarovky	rozměry tvarovky	rychlost proudění	hydraulický průřez	počet tvarovek	součinitel místní ztráty	součet s.m.z.	součet s.m.z. v úseku
	i			v	d	n	ξ	Σξ	Σξ <sub>i</sub>
	[-]		[mm]	[m/s]	[m]	[-]	[-]	[-]	[-]
Zař.č.1.01	1-přívod	oblouk segmentový	Φ200, 90°	2,56	0,200	1	0,2860	0,2860	0,2860
	4-přívod	odbočka 45°-rovný směr	Φ200/Φ100	2,12	0,200	1	0,0292	0,0292	0,8512
		oblouk segmentový	Φ200, 90°	2,12	0,200	2	0,2860	0,5720	
		regulační klapka otevř.	Φ200	2,12	0,100	1	0,2500	0,2500	
	2-přívod	odbočka 45°-odbočení	Φ200/Φ100	1,77	0,100	1	0,5002	0,5002	0,9572
		oblouk segmentový	Φ100, 45°	1,77	0,100	1	0,2070	0,2070	
		regulační klapka otevř.	Φ100	1,77	0,100	1	0,2500	0,2500	
	3-přívod	přechod osový	Φ100-Φ125	1,13	0,125	1	0,1050	0,1050	0,1050
	5-přívod	odbočka 45°-odbočení	Φ200/Φ125	2,72	0,125	1	0,7485	0,7485	1,0565
		oblouk segmentový	Φ100, 45°	2,72	0,125	1	0,3080	0,3080	
	6-přívod	odbočka 45°-rovný směr	Φ200/Φ125	1,06	0,200	1	0,4000	0,4000	0,7405
		přechod osový	Φ200-Φ125	2,72	0,125	1	0,0325	0,0325	
		oblouk segmentový	Φ125, 90°	2,72	0,125	1	0,3080	0,3080	
	9-odvod	odbočka 90°-rovný směr	Φ100/Φ100	1,06	0,100	1	2,1200	2,1200	2,1200
	10-odvod	odbočka 90°-odbočka	Φ100/Φ100	1,06	0,100	1	3,0800	3,0800	3,0800
	8-odvod	přechod osový	Φ100-Φ125	2,12	0,100	1	0,0917	0,0917	1,5005
		odbočka 90°-rovný směr	Φ125/Φ100	1,36	0,125	1	1,4088	1,4088	
	11-odvod	odbočka 90°-odbočka	Φ125/Φ100	2,83	0,100	1	1,7920	1,7920	3,7120
		oblouk segmentový	Φ100, 90°	2,83	0,100	6	0,3200	1,9200	
	12-odvod	přechod osový	Φ125-Φ100	1,81	0,100	1	0,0165	0,0165	0,0165
	7-odvod	přechod osový	Φ125-Φ200	3,17	0,125	1	0,3430	0,3430	5,3430
		T-kus-soutok-rovný směr	Φ200/Φ200	1,24	0,200	1	5,0000	5,0000	
	3-odvod	přechod osový	Φ100-Φ125	1,77	0,100	1	0,1050	0,1050	0,9600
		odbočka 90°-rovný směr	Φ125/Φ125	1,13	0,125	1	0,8550	0,8550	
	4-odvod	odbočka 90°-odbočení	Φ125/Φ125	2,26	0,125	1	2,6531	2,6531	2,6531
	5-odvod	přechod osový	Φ100-Φ125	1,77	0,100	1	0,1050	0,1050	5,1050
		T-kus-soutok-rovný směr	Φ125/Φ125	1,13	0,125	1	5,0000	5,0000	
	6-odvod	přechod osový	Φ100-Φ125	1,77	0,100	1	0,1050	0,1050	5,1050
		T-kus-soutok-rovný směr	Φ125/Φ125	1,13	0,125	1	5,0000	5,0000	
	2-odvod	přechod osový	Φ125-Φ200	3,40	0,125	1	0,3430	0,3430	5,3430
		T-kus-soutok-rovný směr	Φ200/Φ200	1,33	0,200	1	5,0000	5,0000	

# **Součinitelé místních odporů tvarovek ve větracím okruhu jednotky Domekt**

součinitelé tlakových ztrát tvarovek									
zařízení	číslo úseku (uzel)	název tvarovky	rozměry tvarovky	rychlost proudění	hydraulický průřez	počet tvarovek	součinitelel místní ztráty	součet s.m.z.	součet s.m.z. v úseku
	i			v	d	n	ξ	Σξ	Σξ <sub>i</sub>
	[-]		[mm]	[m/s]	[m]	[-]	[-]	[-]	[-]
Zař.č.2.01	1-přívod	přechod osový	Φ200, 90°	2,56	0,200	1	0,2860	0,2860	0,2860
		oblouk segmentový	Φ200/Φ100	2,12	0,200	1	0,0292	0,0292	
	2-přívod	odbočka 90°- odbočení	Φ200, 90°	2,12	0,200	2	0,2860	0,5720	0,8512
		regulační klapka otevř.	Φ200	2,12	0,100	1	0,2500	0,2500	
	3-přívod	oblouk segmentový	Φ200/Φ100	1,77	0,100	1	0,5002	0,5002	0,9572
		oblouk segmentový	Φ100, 45°	1,77	0,100	1	0,2070	0,2070	
	4-přívod	T-kus- rozbočka	Φ100	1,77	0,100	1	0,2500	0,2500	0,1050
		odbočka 45°-rovný směr	Φ100-Φ125	1,13	0,125	1	0,1050	0,1050	
	5-přívod	odbočka 45°-odbočení	Φ200/Φ125	2,72	0,125	1	0,7485	0,7485	1,0565
		oblouk segmentový	Φ100, 45°	2,72	0,125	1	0,3080	0,3080	
	6-přívod	přechod osový	Φ200/Φ125	1,06	0,200	1	0,4000	0,4000	0,7405
		T-kus- rozbočka	Φ200-Φ125	2,72	0,125	1	0,0325	0,0325	
	7-přívod	přechod osový	Φ125, 90°	2,72	0,125	1	0,3080	0,3080	2,1200
		oblouk segmentový	Φ100/Φ100	1,06	0,100	1	2,1200	2,1200	
		regulační klapka otevř.	Φ100/Φ100	1,06	0,100	1	3,0800	3,0800	
		odbočka 90°- rovný směr	Φ100-Φ125	2,12	0,100	1	0,0917	0,0917	
	8-přívod	přechod osový	Φ125/Φ100	1,36	0,125	1	1,4088	1,4088	3,7120
		oblouk segmentový	Φ125/Φ100	2,83	0,100	1	1,7920	1,7920	
	9-přívod	T-kus- rozbočka	Φ100, 90°	2,83	0,100	6	0,3200	1,9200	5,3430
		přechod osový	Φ125-Φ100	1,81	0,100	1	0,0165	0,0165	
		regulační klapka otevř.	Φ125-Φ200	3,17	0,125	1	0,3430	0,3430	
		oblouk segmentový	Φ200/Φ200	1,24	0,200	1	5,0000	5,0000	
	10-přívod	odbočka 45°-rovný směr	Φ100-Φ125	1,77	0,100	1	0,1050	0,1050	0,9600
		oblouk segmentový	Φ125/Φ125	1,13	0,125	1	0,8550	0,8550	
	11-přívod	odbočka 45°-odbočení	Φ125/Φ125	2,26	0,125	1	2,6531	2,6531	5,1050
		oblouk segmentový	Φ100-Φ125	1,77	0,100	1	0,1050	0,1050	
	12-přívod	T-kus- rozbočka	Φ125/Φ125	1,13	0,125	1	5,0000	5,0000	5,1050
		přechod osový	Φ100-Φ125	1,77	0,100	1	0,1050	0,1050	
		regulační klapka otevř.	Φ125/Φ125	1,13	0,125	1	5,0000	5,0000	
		oblouk segmentový	Φ125-Φ200	3,40	0,125	1	0,3430	0,3430	
	13-přívod	odbočka 45°-rovný směr	Φ200/Φ200	1,33	0,200	1	5,0000	5,0000	0,9680
		oblouk segmentový	Φ160-Φ200	3,45	0,200	1	0,1100	0,1100	
	14-přívod	odbočka 45°-odbočení	Φ200, 90°	3,45	0,200	3	0,2860	0,8580	2,7991
		oblouk segmentový	Φ200/Φ125	3,40	0,125	1	2,2411	2,2411	
	15-přívod	oblouk segmentový	Φ125	3,40	0,125	1	0,2500	0,2500	2,1980
		přechod osový	Φ125, 90°	3,40	0,125	1	0,3080	0,3080	
	8-odvod	oblouk segmentový	Φ125, 45°	2,49	0,125	2	0,1990	0,3980	1,0039
		regulační klapka otevř.	Φ125/Φ125	2,49	0,125	1	1,8000	1,8000	
		přechod osový	Φ125/Φ100	1,13	0,125	1	0,6069	0,6069	
		T-kus-soutok-rovný směr	Φ125/Φ100	2,12	0,100	1	0,7969	0,7969	
	9-odvod	oblouk segmentový	Φ100, 45°	2,12	0,100	1	0,2070	0,2070	1,5805
		regulační klapka otevř.	Φ100-Φ125	1,36	0,125	1	0,1050	0,1050	
		přechod osový	Φ125/Φ125	1,41	0,125	1	1,1064	1,1064	
		T-kus-soutok-rovný směr	Φ125-Φ100	1,41	0,100	1	0,0171	0,0171	
	7-odvod	oblouk segmentový	Φ100, 90°	1,41	0,100	1	0,2070	0,2070	3,7610
		přechod osový	Φ100	1,41	0,100	1	0,2500	0,2500	
	3-odvod	odbočka 90°- rovný směr	Φ200/Φ125	2,12	0,200	1	3,4476	3,4476	2,2415
		oblouk segmentový	Φ200-Φ160	3,32	0,160	1	0,0174	0,0174	
	5-odvod	T-kus-soutok-rovný směr	Φ160, 90°	3,32	0,160	1	0,2960	0,2960	0,7080
		oblouk segmentový	Φ160/Φ160	2,21	0,160	1	1,6647	1,6647	
	6-odvod	odbočka 90°- rovný směr	Φ160-Φ125	2,72	0,125	1	0,0188	0,0188	0,5190
		oblouk segmentový	Φ125	2,72	0,125	1	0,2500	0,2500	
	4-odvod	odbočka 90°- odbočení	Φ125, 90°	2,72	0,125	1	0,3080	0,3080	2,2415
		T-kus-soutok-rovný směr	Φ125/Φ125	1,36	0,125	1	0,4000	0,4000	
	2-odvod	oblouk segmentový	Φ125, 90°	1,36	0,125	1	0,3080	0,3080	2,2415
		regulační klapka otevř.	Φ125/Φ125	1,36	0,125	1	0,3200	0,3200	
	1-odvod	odbočka 90°- odbočení	Φ125, 45°	1,36	0,125	1	0,1990	0,1990	2,2415
		oblouk segmentový	Φ160/Φ160	2,21	0,160	1	1,6647	1,6647	
	10-odvod	přechod osový	Φ160-Φ125	2,72	0,125	1	0,0188	0,0188	2,2415
		přechod osový	Φ125	2,72	0,125	1	0,2500	0,2500	

## Tlakové ztráty úseků přívodní větve jednotky Duplex

ZAŘÍZENÍ č. 1.01 - PŘÍVOD VZDUCHU									
číslo úseku	průtok	průměr potrubí	rychlost proudění	délka potrubí	hustota vzduchu	měrná tlaková ztráta	tlaková ztráta třením	tlaková ztráta místními odpory	tlaková ztráta úseku
i	V	d	w	l	ρ	R	$\Delta p_t = R \cdot l$	$\Delta p_m$	$\Delta p_i$
[-]	[m <sup>3</sup> /h]	[m]	[m/s]	[m]	[kg/m <sup>3</sup> ]	[Pa/m]	[Pa]	[Pa]	[Pa]
1	290	0,200	2,56	3,5	1,208	0,492571	1,706760	4,514408	6,221168
2	50	0,100	1,77	3,2	1,208	0,603767	1,941110	1,807985	3,749095
3	50	0,125	1,13	0,1	1,208	0,204991	0,014349	14,081235	14,095584
4	240	0,200	2,12	5,5	1,208	0,349045	1,911021	2,315089	4,226110
5	120	0,125	2,72	2,0	1,208	0,987599	1,945569	4,708083	6,653653
6	120	0,125	2,72	1,3	1,208	0,987599	1,283878	3,299892	4,583770
7	290	0,200	2,56	0,4	1,208	0,492572	0,216732	14,567680	14,784411

## Tlakové ztráty úseků odvodní větve jednotky Duplex

ZAŘÍZENÍ č. 1.01 (DUPLEX 370 EC5.RD5.CF) - ODVOD VZDUCHU									
číslo úseku	průtok	průměr potrubí	rychlost proudění	délka potrubí	hustota vzduchu	měrná tlaková ztráta	tlaková ztráta třením	tlaková ztráta místními odpory	tlaková ztráta úseku
i	V	d	v	l	ρ	R	$\Delta p_t = R \cdot l$	$\Delta p_m$	$\Delta p_i$
[-]	[m <sup>3</sup> /h]	[m]	[m/s]	[m]	[kg/m <sup>3</sup> ]	[Pa/m]	[Pa]	[Pa]	[Pa]
1	290	0,200	2,56	0,1	1,208	0,492571	0,051720	3,036000	3,087720
2	150	0,125	3,40	0,6	1,208	1,485465	0,898706	37,203159	38,101865
3	50	0,100	1,77	2,0	1,208	0,603767	1,231684	3,353274	4,584958
4	100	0,125	2,26	0,4	1,208	0,709141	0,312022	12,102803	12,414825
5	50	0,100	1,77	0,5	1,208	0,603765	0,280751	10,482462	10,763213
6	50	0,100	1,77	0,5	1,208	0,603765	0,280751	10,482462	10,763213
7	140	0,125	3,17	1,9	1,208	1,308888	2,441076	38,708085	41,149161
8	60	0,100	2,12	2,5	1,208	0,837927	2,132523	4,081090	6,213614
9	30	0,100	1,06	1,0	1,208	0,243632	0,239977	1,918653	2,158630
10	30	0,100	1,06	0,1	1,208	0,243632	0,020709	2,094331	2,115040
11	80	0,100	2,83	6,9	1,208	1,411412	9,731689	17,948994	27,680683
12	80	0,125	1,81	0,1	1,208	0,474108	0,033188	39,902680	39,935867
13	290	0,200	2,56	0,4	1,208	0,492570	0,219194	16,304785	16,523979

## Tlakové ztráty úseků přívodní větve jednotky Domekt

ZAŘÍZENÍ č. 2.01 (DOMEKT-R-450-V-EC-HE-R1-C6) - PŘÍVOD VZDUCHU									
číslo úseku	průtok	průměr potrubí	rychlost proudění	délka potrubí	hustota vzduchu	měrná tlaková ztráta	tlaková ztráta třením	tlaková ztráta místními odpory	tlaková ztráta úseku
i	V	d	v	l	ρ	R	$\Delta p_t = R \cdot l$	$\Delta p_m$	$\Delta p_i$
[-]	[m <sup>3</sup> /h]	[m]	[m/s]	[m]	[kg/m <sup>3</sup> ]	[Pa/m]	[Pa]	[Pa]	[Pa]
1	390	0,200	3,45	12,7	1,208	0,848136	10,767086	16,174432	26,941518
2	150	0,125	3,40	0,8	1,208	1,485465	1,180945	19,490295	20,671240
3	110	0,125	2,49	4,2	1,208	0,842984	3,557393	8,230480	11,787874
4	50	0,125	1,13	1,2	1,208	0,204991	0,249065	14,469574	14,718638
5	60	0,100	2,12	0,5	1,208	0,837927	0,377067	2,730451	3,107518
6	60	0,125	1,36	1,2	1,208	0,283360	0,327281	20,116978	20,444258
7	40	0,100	1,41	2,2	1,208	0,405385	0,906035	37,910553	38,816588
8	240	0,160	3,32	3,3	1,208	1,042812	3,456921	24,974572	28,431493
9	120	0,125	2,72	3,5	1,208	0,987599	3,466472	11,766300	15,232772
10	60	0,125	1,36	3,5	1,208	0,283360	0,994593	0,788765	1,783358
11	60	0,125	1,36	0,5	1,208	0,283360	0,130345	0,578205	0,708551
12	120	0,125	2,72	3,0	1,208	0,987599	2,923292	11,766479	14,689771
13	60	0,125	1,36	3,5	1,208	0,283360	0,994593	0,788765	1,783358
14	60	0,125	1,36	0,5	1,208	0,283360	0,130345	0,578205	0,708551
15	390	0,200	3,45	4,1	1,208	0,848138	3,451920	25,722607	29,174527

## Tlakové ztráty úseků odvodní větve jednotky Domekt

ZAŘÍZENÍ č. 2.01 ( DOMEKT-R-450-V-EC-HE-R1-C6) - ODVOD VZDUCHU									
číslo úseku	průtok	průměr potrubí	rychlost proudění	délka potrubí	hustota vzduchu	měrná tlaková ztráta	tlaková ztráta třením	tlaková ztráta místními odpory	tlaková ztráta úseku
i	V	d	v	l	ρ	R	Δpt=R.l	Δpm	Δpi
[-]	[m <sup>3</sup> /h]	[m]	[m/s]	[m]	[kg/m <sup>3</sup> ]	[Pa/m]	[Pa]	[Pa]	[Pa]
1	390	0,200	3,45	12,2	1,208	0,848138	10,330317	15,509355	25,839671
2	150	0,125	3,40	4,4	1,208	1,485465	6,476628	20,664248	27,140877
3	70	0,125	1,58	3,1	1,208	0,373129	1,151104	9,842948	10,994052
4	80	0,125	1,81	0,5	1,208	0,474109	0,220461	9,902893	10,123354
5	50	0,125	1,13	1,7	1,208	0,204991	0,341311	17,232753	17,574064
6	30	0,100	1,06	0,5	1,208	0,243632	0,121816	2,356696	2,478512
7	240	0,160	3,32	3,1	1,208	1,042812	3,217075	28,282823	31,499898
8	120	0,125	2,72	5,8	1,208	0,987598	5,772510	30,836209	36,608719
9	120	0,125	2,72	4,2	1,208	0,987599	4,195319	28,976211	33,171530
10	390	0,200	3,45	4,2	1,208	0,848138	3,545215	30,585536	34,130752

### Výpočet součinitelů tření z Colebrookovy rovnice

#### přívod - Duplex

výpočet λ - iterační metodou z Colebrookovy rovnice					
kinematická viskozita vzd.	reynoldsovo číslo	drsnost potrubí	absolutní drsnost	λ <sub>0</sub>	λ
v ( 20°C; 101325 Pa)	Re	k	ε		
[m <sup>2</sup> /s]	[-]	[mm]	[-]	[-]	[-]
1,5041E-05	3,4096E+04	0,15	0,00075	0,024807	0,024807
	1,1757E+04	0,15	0,00150	0,031964	0,031965
	9,4057E+03	0,15	0,00120	0,03312	0,033120
	2,8217E+04	0,15	0,00075	0,025666	0,025666
	2,2574E+04	0,15	0,00120	0,02770	0,027702
	2,2574E+04	0,15	0,00120	0,02770	0,027702
	3,4096E+04	0,15	0,00075	0,024807	0,024807

#### odvod - Duplex

výpočet λ - iterační metodou z Colebrookovy rovnice					
kinematická viskozita vzd.	reynoldsovo číslo	drsnost potrubí	absolutní drsnost	λ <sub>0</sub>	λ
v ( 20°C; 101325 Pa)	Re	k	ε		
[m <sup>2</sup> /s]	[-]	[mm]	[-]	[-]	[-]
1,5041E-05	3,4096E+04	0,15	0,00075	0,024807	0,024807
	2,8217E+04	0,15	0,0012	0,026667	0,026667
	1,1757E+04	0,15	0,0015	0,031964	0,031965
	1,8811E+04	0,15	0,0012	0,028644	0,028644
	1,1757E+04	0,15	0,0015	0,031965	0,031965
	1,1757E+04	0,15	0,0015	0,031965	0,031965
	2,6336E+04	0,15	0,0012	0,026975	0,026974
	1,4109E+04	0,15	0,0015	0,030807	0,030807
	7,0543E+03	0,15	0,0015	0,035830	0,035829
	7,0543E+03	0,15	0,0015	0,035830	0,035829
	1,8811E+04	0,15	0,0015	0,029189	0,029189
	1,5049E+04	0,15	0,0012	0,029922	0,029922
	3,4096E+04	0,15	0,00075	0,024808	0,024807

#### přívod - Domekt

výpočet λ - iterační metodou z Colebrookovy rovnice					
kinematická viskozita vzd.	reynoldsovo číslo	drsnost potrubí	absolutní drsnost	λ <sub>0</sub>	λ
v ( 20°C; 101325 Pa)	Re	k	ε		
[m <sup>2</sup> /s]	[-]	[mm]	[-]	[-]	[-]
1,5041E-05	4,5853E+04	0,15	0,00075	0,023618	0,023618
	2,8217E+04	0,15	0,00120	0,026667	0,026667
	2,0693E+04	0,15	0,00120	0,028140	0,028141
	9,4057E+03	0,15	0,00120	0,033120	0,033120
	1,4109E+04	0,15	0,00150	0,030807	0,030807
	1,1287E+04	0,15	0,00120	0,031793	0,031793
	9,4057E+03	0,15	0,00150	0,033535	0,033535
	3,5271E+04	0,15	0,00094	0,025126	0,025126
	2,2574E+04	0,15	0,00120	0,027702	0,027702
	1,1287E+04	0,15	0,00120	0,031793	0,031793
	1,1287E+04	0,15	0,00120	0,031793	0,031793
	2,2574E+04	0,15	0,00120	0,027702	0,027702
	1,1287E+04	0,15	0,00120	0,031793	0,031793
	1,1287E+04	0,15	0,00120	0,031793	0,031793
	4,5853E+04	0,15	0,00075	0,023617	0,023618

#### odvod - Domekt

výpočet λ - iterační metodou z Colebrookovy rovnice					
kinematická viskozita vzd.	reynoldsovo číslo	drsnost potrubí	absolutní drsnost	λ <sub>0</sub>	λ
v ( 20°C; 101325 Pa)	Re	k	ε		
[m <sup>2</sup> /s]	[-]	[mm]	[-]	[-]	[-]
1,5041E-05	4,5853E+04	0,15	0,00075	0,023617	0,023618
	2,8217E+04	0,15	0,00120	0,026667	0,026667
	1,3168E+04	0,15	0,00120	0,030757	0,030758
	1,5049E+04	0,15	0,00120	0,029922	0,029922
	9,4057E+03	0,15	0,00120	0,033120	0,033120
	7,0543E+03	0,15	0,00150	0,035829	0,035829
	3,5271E+04	0,15	0,00094	0,025126	0,025126
	2,2574E+04	0,15	0,00120	0,027702	0,027702
	2,2574E+04	0,15	0,00120	0,027702	0,027702
	4,5853E+04	0,15	0,00075	0,023617	0,023618

### Hydraulická regulace přívodní větve jednotky Duplex

REGULACE - ZAŘ. 1 - PŘÍVOD					
výústka v místnosti	celková tlaková ztráta	výústka	navýšení tlakové ztráty na vyústce	navýšení tlakové ztráty na regulační klapce	finální tlaková ztráta
	$\Sigma\Delta p_i$		$\Delta p$	$\Delta p$	$\Delta p_c$
	[Pa]		[Pa]	[Pa]	[Pa]
1.08	38,85	stěnový difuzor SHH	13	0	51,85
1.11	29,82	mřížka MSU 25 300x100	6	15	50,82
1.13	31,89	mřížka MSU 25 300x100	6	15	52,89

### Hydraulická regulace odvodní větve jednotky Duplex

REGULACE - ZAŘ. 1 - ODVOD					
výústka v místnosti	celková tlaková ztráta	výústka	navýšení tlakové ztráty na vyústce	navýšení tlakové ztráty na regulační klapce	finální tlaková ztráta
	$\Sigma\Delta p_i$		$\Delta p$	$\Delta p$	$\Delta p_c$
	[Pa]		[Pa]	[Pa]	[Pa]
1.03	62,30	talířový ventil $\Phi 100$	82	0	144,30
1.05	80,89	talířový ventil $\Phi 100$	63	0	143,89
1.06	80,89	talířový ventil $\Phi 100$	63	0	143,89
1.07	69,09	talířový ventil $\Phi 100$	75	0	144,09
1.09	69,13	talířový ventil $\Phi 100$	75	0	144,13
1.12	128,38	talířový ventil $\Phi 125$	16	0	144,38

### Hydraulická regulace přívodní větve jednotky Domekt

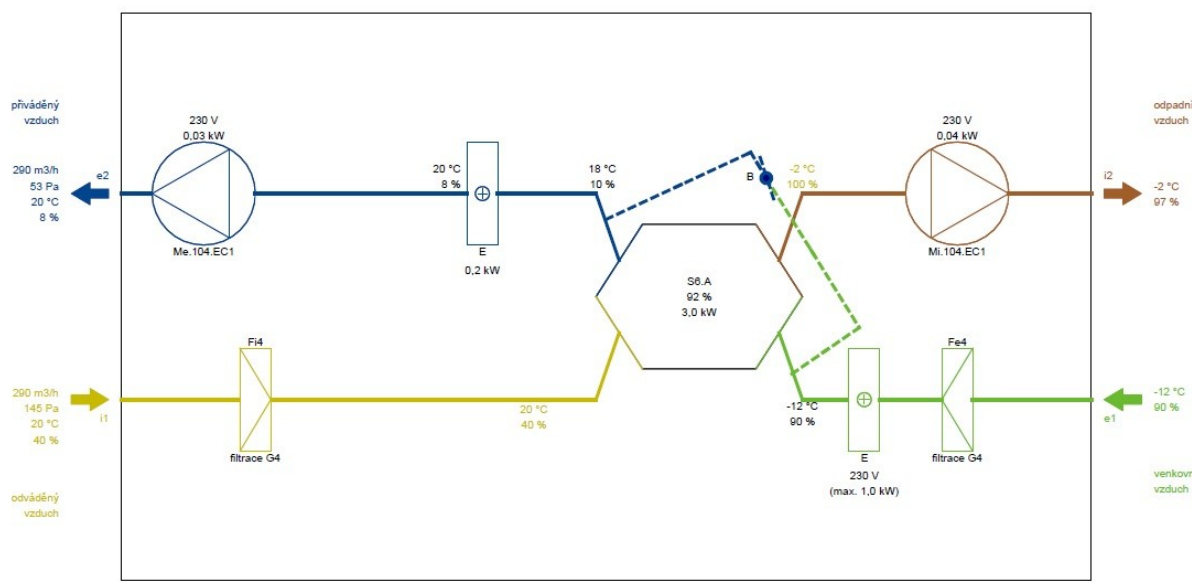
REGULACE - ZAŘ. 2 - PŘÍVOD					
výústka v místnosti	celková tlaková ztráta	výústka	navýšení tlakové ztráty na vyústce	navýšení tlakové ztráty na regulační klapce	finální tlaková ztráta
	$\Sigma\Delta p_i$		$\Delta p$	$\Delta p$	$\Delta p_c$
	[Pa]		[Pa]	[Pa]	[Pa]
2.04	115,60	talířový ventil $\Phi 100$	13	0	128,60
2.05	112,13	stěnový difuzor SHH	17	0	129,13
2.06	103,29	stěnový difuzor SHH	25	0	128,29
3.04	100,49	anemostat TROX	28	0	128,49
3.05	101,56	anemostat TROX	27	0	128,56
3.08	99,95	anemostat TROX	28	0	127,95
3.09	101,02	anemostat TROX	28	0	129,02

### Hydraulická regulace odvodní větve jednotky Domekt

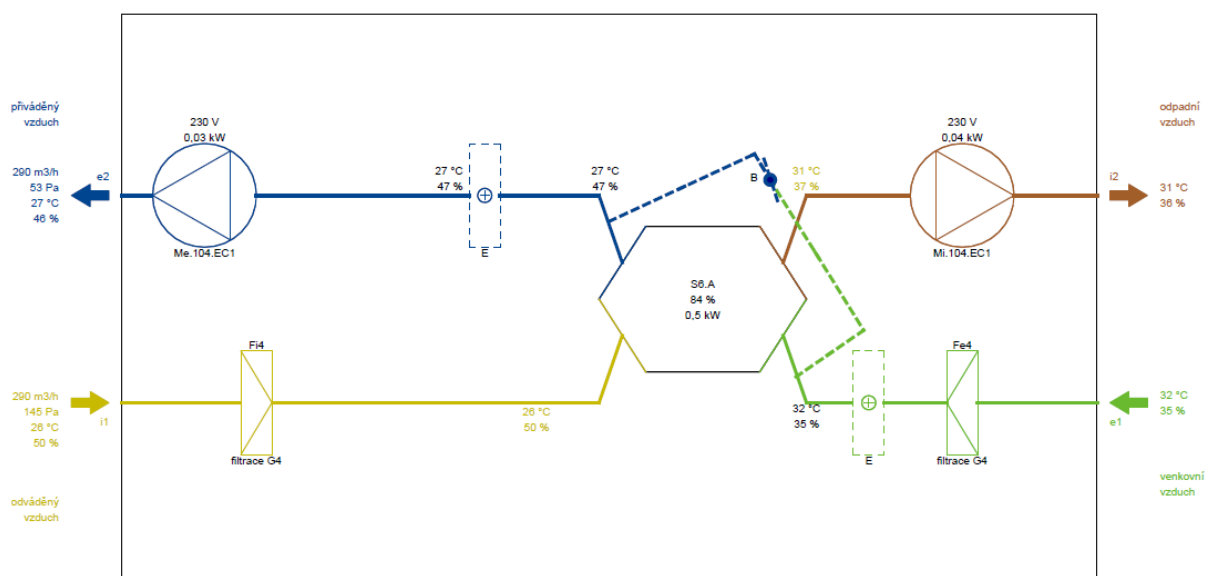
REGULACE - ZAŘ. 2 - ODVOD					
výústka v místnosti	celková tlaková ztráta	výústka	navýšení tlakové ztráty na vyústce	navýšení tlakové ztráty na regulační klapce	finální tlaková ztráta
	$\Sigma\Delta p_i$		$\Delta p$	$\Delta p$	$\Delta p_c$
	[Pa]		[Pa]	[Pa]	[Pa]
2.07	114,81	talířový ventil $\Phi 125$	55	0	169,81
2.09	99,71	talířový ventil $\Phi 100$	70	0	169,71
2.10	98,11	talířový ventil $\Phi 125$	72	0	170,11
3.03	124,64	talířový ventil $\Phi 125$	45	0	169,64
3.07	128,08	talířový ventil $\Phi 125$	42	0	170,08

## P7 VZDUCHOTECHNICKÉ JEDNOTKY

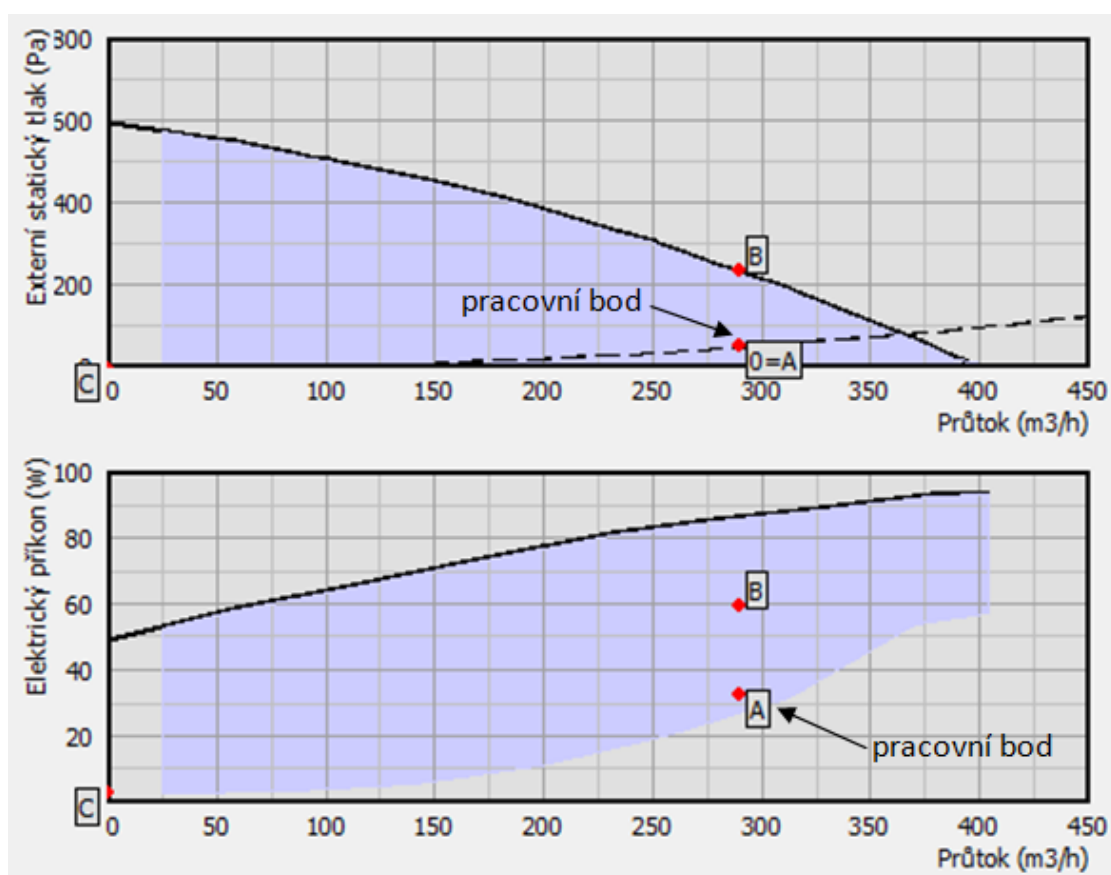
### Vzduchotechnické schéma jednotky DUPLEX 370 EC5.RD5.CF – zimní provoz



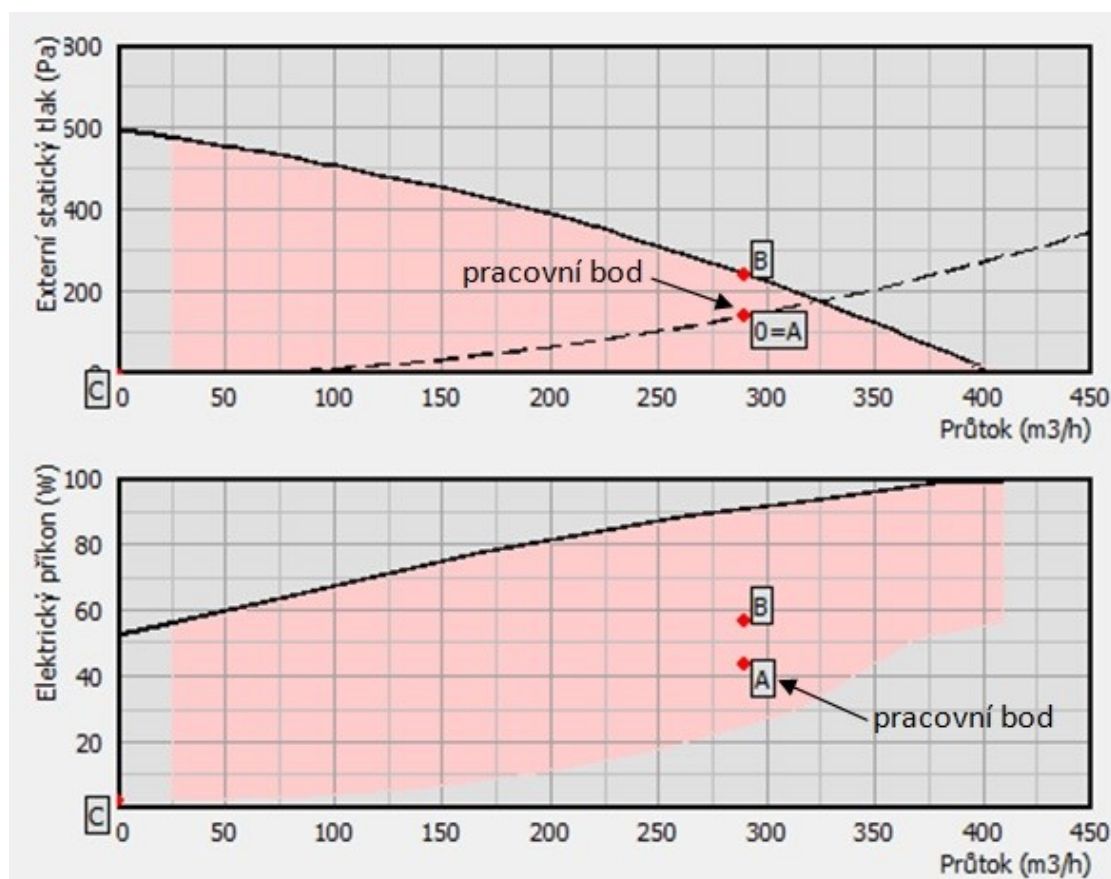
### Vzduchotechnické schéma jednotky DUPLEX 370 EC5.RD5.CF – letní provoz



### Charakteristiky přívodního ventilátoru jednotky Duplex

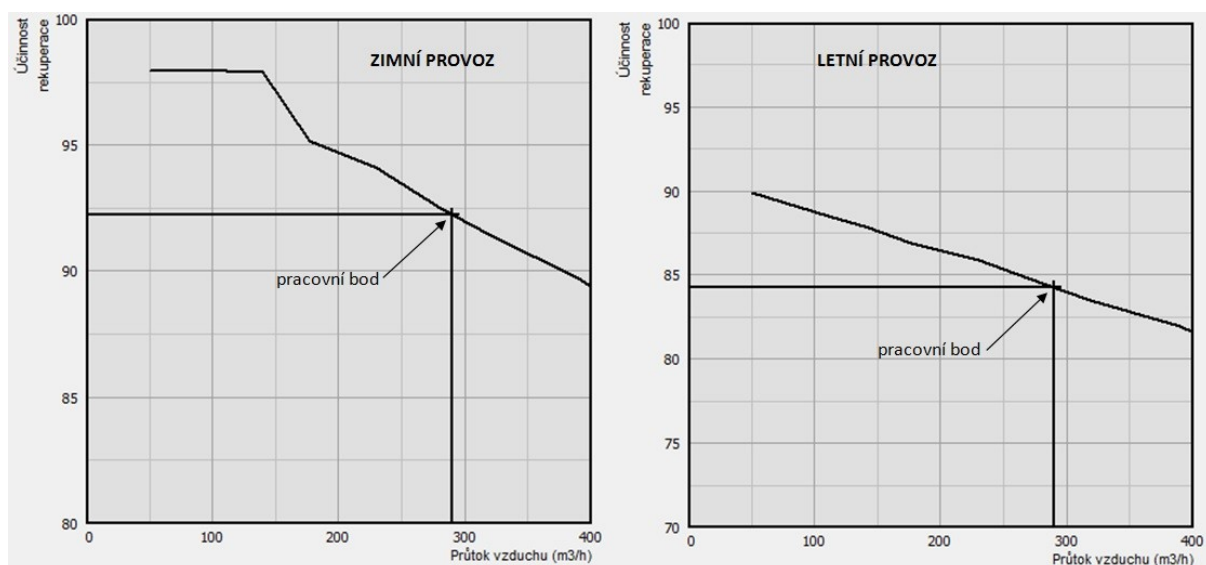


### Charakteristiky odvodního ventilátoru jednotky Duplex





## Závislost účinnosti rekuperátoru jednotky Duplex na objemovém průtoku vzduchu při letním a zimním provozu



### Technická data jednotky Domekt R450

Maximal air flow, m <sup>3</sup> /h	472
Panel thickness, mm	50
Unit weight, kg	60
Supply voltage, V	1~ 230
Maximal operating current, A	HE 7,2
Thermal efficiency of heat recovery, %	85
Reference flow rate, m <sup>3</sup> /s	0,092
Reference pressure difference, Pa	50
SPI, W/(m <sup>3</sup> /h)	0,44
Filters dimensions B×H×L, mm	470×240×46-M5
Electric power input of the fan drive at reference flow rate, W	72
Electric power input of the fan drive at maximum flow rate, W	170
Electric air heater capacity, kW / Δt, °C	1 / 8,4
Control panel	C6.1 / C6.2
Maintenance space, mm	500

### Acoustic data

A-weighted sound power level  $L_{WA}$ , dB(A)  
at reference flow rate

Supply inlet	58
Supply outlet	72
Exhaust inlet	58
Exhaust outlet	72
Casing	39

A-weighted sound pressure level  $L_{PA}$ , dB(A)  
10 m<sup>2</sup> normally isolated room, distance from casing – 3 m.

Surroundings	29
--------------	----